



Mittheilungen

· ›n

Nägeli.

. Band.

·· Tafeln.

. k b. Akademie der Wissenschaften
· ınchen.)

'nchen
, n F. Straub
1 563.

Botanische Mittheilungen

von

Carl Nägeli.

I. Band.

Mit 6 Tafeln.

(Aus den Sitzungsberichten der k. b. Akademie der Wissenschaften in München.)

München
Druck von F. Straub
1863.

Inhaltsverzeichniss.

1) Ueber die Siebröhren von Cucurbita.

(Taf. I, II.)

(Vorgetragen den 9. Februar 1861.)

Die neuere Pflanzenphysiologie, welche von der physiologischen und morphologischen Individualität der Zelle als von einem Axiom ausging, suchte alle Lebensvorgänge als Functionen der Zellen darzustellen. Diess gilt namentlich auch von der Leitung der Säfte. Die Pflanze leitet, nach der jetzigen Annahme, bloss Wasser und in Wasser gelöste Verbindungen; und der Transport geschieht durch diosmotische Processe von Zelle zu Zelle. Nur die Gefässe ermöglichen theilweise einen andern Vorgang; denn sie bestehen aus Zellenreihen, deren Querwandungen ganz oder theilweise resorbirt sind, und stellen somit ununterbrochene Kanäle dar, welche auf lange Strecken die Gewebe durchziehen. Aber die Gefässe führen nur wasserhelle Flüssigkeiten, in denen keine festen und unlöslichen Bestandtheile suspendirt sind, soweit wenigstens die microscopische Untersuchung ein Urtheil erlaubt. Und es liegt somit mit Rücksicht auf diese Gebilde keine Veranlassung vor, um den Ausspruch, in den Pflanzen werden nur gelöste Stoffe von Gewebe zu Gewebe und von Organ zu Organ transportirt, zu modificiren.

Es hat zwar schon vor mehrern Jahrzehenden Schultz di Aufmerksamkeit der Forscher auf die Milchsaftgefässe gelenk und behauptet, dieselben seien der Sitz eines der Blutcirculation analogen Umlaufes. Allein Amici, Treviranus und besonders Mohl zeigten, dass eine solche Bewegung nicht existirt.

Bei diesem Stande der Wissenschaft dürfte die folgende Mittheilung über meine Beobachtungen an den Siebröhren von Cucurbita von allgemeinerm Interesse sein. Hartig fand vor mehrern Jahren in der Bastschichte verschiedener Pflanzen eigenthümliche Zellenreihen, deren Scheidewände siebartig durchbrochen sein sollten, und die er daher Siebröhren nannte. Mohl behauptete dagegen, die scheinbaren Löcher seien, wie in den gewöhnlichen porösen oder getüpfelten Pflanzenzellen, nur verdünnte Stellen der Membran; diese Anschauung veranlasste ihn, den Namen in Gitterzellen umzutaufen.

Der Querschnitt durch den Stengel von Cucurbita Pepo zeigt 2 Kreise von Gefässbündeln, innere grössere und äussere kleinere. Das einzelne Gefässbündel besteht aus folgenden Theilen. Auf der innern Seite befindet sich ein Siebbündel von nierenförmigem Querschnitt, welches aus weiteren Siebröhren und aus engern langgestreckten Zellen zusammengesetzt ist. Der innerste an das Mark grenzende Theil desselben besteht aus Parenchym, in welchem einzelne enge und sehr lange bastfaserähnliche Siebzellen und kleine Gruppen von solchen Zellen sich befinden. Auf das Siebbündel folgt nach aussen der Gefässtheil, der in seiner innern Partie Ring- und Spiralgefässe, in seiner äussern weite netzförmige oder poröse Gefässe enthält. Dann folgt das Cambium und zuletzt wieder ein Siebbündel, welches ganz die gleiche Structur zeigt wie das innere nur mit umgekehrter Reihenfolge der Gewebe. Es besteht nämlich in seinem innern grössern Theile aus weiten Siebröhren und aus engern langgestreckten Zellen, in seinem äussern Theile aus Parenchym und aus einzelstehenden oder bündelartig vereinten engen langen Siebzellen. Dieser äussere Theil ist an den grossen Gefässbündeln scharf begrenzt durch eine Umzäunung von

zusammengedrückten Parenchymzellen in Form eines halben Ringes, durch welche er von dem secundären Rindenparenchym getrennt wird. Bei den kleinen Gefässbündeln geht das äussere Siebbündel allmählich in das secundäre Rindenparenchym über, welches durch den Bastring von der primären Rinde geschieden ist. — Die Elemente in dem innern und in dem äussern Siebbündel eines Gefässstranges verhalten sich ganz gleich; nur sind sie an den grossen Gefässsträngen gewöhnlich stärker entwickelt und daher für die Untersuchung geeigneter.

Die Siebröhren des eigentlichen Siebbündels (mit Ausschluss seines parenchymatischen Theils) sind Reihen von langgestreckten Zellen, welche mit geraden oder schiefen Wänden an einander stossen und welche einen Durchmesser von 20—70 Mik. (Mikromillimeter = $^1/_{1000}$ M.M.) haben. Sie sind entweder in der ganzen Länge gleich weit oder an den Scheidewänden erweitert. Letzteres rührt in der Regel daher, dass sie von eigenthümlichen schmalen Zellfäden umgeben sind, welche vor den Scheidewänden aufhören und welche so gelagert sind, dass es oft den Anschein hat, als wären sie von den Siebzellen der Länge nach abgeschnitten worden[1].

Die Querscheidewände haben einen complicirten Bau, welcher der Untersuchung manche Schwierigkeit darbietet. (Hartig (bot. Zeit. 1854 pag. 51) sagt, dass er mehrere auffallende Verhältnisse zeige, welche er trotz aller Mühen nicht zu erklären vermöge. Auch Mohl (bot. Zeit. 1855 pag 890) spricht von räthselhaften Gebilden, von deren Beschaffenheit es ihm nicht gelungen sei, sich eine klare Vorstellung zu machen. Da

(1) Hartig (Bot. Zeit. 1854 p. 51) gibt an, dass die Scheidewände breiter seien als die Zellen. Diess gilt indess nur, in sofern die genannte Erscheinung statt hat. Alle andern Siebröhren, und sie bilden die Mehrzahl, zeigen sich auf frischen Schnitten an den Scheidewänden nicht verdickt. Nach der Maceration dagegen sind die Zellen gewöhnlich etwas zusammengefallen und die Gelenke springen vor, während einzelne andere Siebröhren breiter geworden sind und nun etwas zusammengezogene Gelenke haben.

von der genauen Kenntniss der Querwände die Ansicht über die Function der Siebröhren bedingt wird, und da diese Gebilde bei Cucurbita grösser und deutlicher sind als bei den meisten übrigen Gewächsen, so schien es der Mühe werth, denselben noch einmal eine möglichst genaue Untersuchung zu widmen.

Zur Ermittelung des anatomischen Verhaltens wurden die Siebröhren sammt den Geweben der Länge und Quere nach durchschnitten. Ferner wurden dünne Längsschnitte mit Gummi eingetrocknet und dann noch einmal der Länge nach (in der andern Richtung) durchschnitten. Ausserdem wurden die Stengel in Wasser macerirt und dadurch die Siebröhren und besonders die Querwände isolirt erhalten. Endlich wurden diese isolirten Scheidewände mit Gummi eingetrocknet und dann dünne Durchschnitte von den so erhaltenen Präparaten angefertigt.

Auf dem Längsschnitt zeigen sich die Scheidewände gewöhnlich mehr oder weniger gebogen (Fig. 27, 29, 22), selten gerade oder mit schwacher S-förmiger Biegung. Sie sind immer ziemlich dick, doch bieten sie in dieser Beziehung grosse Ungleichheiten dar. Es gibt einerseits Scheidewände, deren Dicke nicht mehr als 3—5 Mik. und bloss den 14. Theil der ganzen Breite beträgt. Es gibt anderseits solche, welche bis auf 80 Mik. dick und wohl dreimal so dick als breit sind.

Betrachten wir zuerst die dünnern Scheidewände von 3—10 Mik. Dicke. Dieselben sind in der Mitte ziemlich mächtiger und verdünnen sich allmählich nach den beiden Enden (Fig. 1, 27). Sie sind von Porenkanälen (Fig. 12, p) durchbrochen, die in der Mitte weiter von einander entfernt liegen als gegen die Ränder hin (Fig. 1). Die zwischen den Poren befindlichen Stücke haben gewöhnlich eine biconvex-viereckige (Fig. 1, 12 A, 20), seltener eine ovale oder kreisrunde Gestalt (Fig. 17, 21, 22), wodurch der Querschnitt beiderseits ein gekerbtes Ansehen erhält. In der Mitte derselben befindet sich ein verdünnter röthlicher Raum (i) von verschiedener Form und Grösse (Fig. 12 A, 17 B, 20, 21, 22); manchmal sieht er wie ein centrales Knötchen aus. Er ist auf der Seite der beiden

Zellen scharf begrenzt; auf der Seite der Poren, in welcher Richtung er gewöhnlich in die Länge gezogen ist, zeigt er oft eine undeutliche Begrenzung und geht dann allmählich in den etwas dünnern doppelt conturirten zarten weisslichen Streifen über, welcher die ganze Scheidewand auf ihrer Medianlinie durchzieht und als Medianschicht bezeichnet werden kann (Fig. 12, m).

Von der Fläche angesehen erscheinen die Scheidewände gefeldert oder netzförmig. Die Feldchen oder Areolen sind bald rundlich (Fig.[2] 4 B, 11 B, 12 B, 16, 19), bald parenchymatisch-eckig (Fig. 3 B, 8 B, 13, 18), bald in regelmässiger bald in unregelmässiger Anordnung; nicht selten liegen 2 oder mehrere in Gruppen näher beisammen, als ob sie durch Theilung entstanden wären (Fig. 5) Sie nehmen gewöhnlich nach dem Umfange der Scheidewand an Grösse etwas ab; zuweilen bemerkt man daselbst ein oder zwei Reihen, welche bloss halb so gross sind als die in der Mitte befindlichen (Fig. 4 B). Von den grössten mittleren Areolen gehen 4 auf 44 Mik., von den kleinsten am Umfange 4 auf 12 Mik. — Die Zwischenräume (i) zwischen den Areolen bilden ein Netz. Sie sind bei eckiger Form der Feldchen überall gleich weit (Fig 13, 18), bei rundlicher Gestalt und unregelmässiger Anordnung sehr ungleich (Fig. 5, 6); sie können auch stellenweise zwischen zwei sich berührenden Areolen ganz mangeln (Fig. 5, 23). Diese Zwischenräume erscheinen dunkel oder röthlich; es sind, wie man sich beim Drehen dünner Durchschnitte mit Leichtigkeit und Sicherheit überzeugt, jene röthlichen knötchenförmigen Räume, welche auf dem Längsschnitt der Siebröhren zwischen je 2 Poren beobachtet werden. (Fig. 17 zeigt einen solchen dünnen Durchschnitt A von der Oberfläche, B von der Schnittfläche.) Die Areolen selbst erscheinen weisslich und sind meistens scharf begrenzt. Ihre innere Partie ist oft dunkler und röthlich, bald kreisrund, bald eckig (Fig 5). In der Mitte befindet sich eine kleine rundliche oder ovale Oeffnung, es ist der Porus (p in

(2) Unter den citirten Figuren sind auch dicke Scheidewände, deren Flächenansicht von den dünnen nicht verschieden ist.

Fig. 5, 11 B, 12 B, 13, 18, 19). Derselbe erscheint röthlich, wenn leer, weisslich und das Licht stark brechend, wenn mit Protoplasma gefüllt.

Die dickern Scheidewände (Fig. 2, 7, 28, 32, 33) sind zuweilen ebenfalls in der Mitte dicker als am Umfange, so dass der Durchschnitt elliptisch, queroval, kreisrund und selbst längsoval erscheint. Es gibt aber noch verschiedene andere Formbildungen, unter denen sich besonders 2 Typen geltend machen. Manche Wände zeigen sich bei gleichem Durchschnitt, wie er eben beschrieben wurde, beiderseits in der Mitte eingedrückt (Fig. 34). Viele andere sind am Umfange in einen vorstehenden Rand erhöht, so dass der Querschnitt an jedem Ende 2 gegenüber liegende hörnerartige Vorsprünge (c) hat, von deren Spitzen aus sich die Seitenwand der Siebröhren fortsetzt (Fig. 3, 4). Zwischen den Hörnern ist die Scheidewand entweder jederseits plan, oder was häufiger vorkommt, biconvex. Es gibt auch Wände, die eine ganz unregelmässige Oberfläche besitzen.

In den dickern Scheidewänden befindet sich die Medianschicht (m) häufig nicht in der Mitte (Fig. 28, 34); es kann die der einen Zelle angehörende Partie der Wand selbst 5 und mehrmal dicker sein als die andere (Fig. 33). Auch in der Gestalt können die beiden Hälften mehr oder weniger von einander abweichen. Auf dem Längsschnitt der Siebröhren sind die Porenkanäle weder so deutlich noch so regelmässig angeordnet als diess in den dünnern Wänden der Fall ist. Auch sieht man sie selten so zahlreich; namentlich mangeln sie nach den beiden Enden hin oft beinahe gänzlich (Fig. 33). Es gibt auch Wände, in denen gar keine sichtbar sind (Fig. 32). Ferner sind zuweilen nur die mittlern Porenkanäle gerade, während die übrigen einen gebogenen Verlauf zeigen und zwar um so mehr, je näher dem Rande sie sich befinden; die convexe Seite ist nach aussen gekehrt (Fig. 34). Mit der Zahl steht die Mächtigkeit der Poren gewöhnlich im umgekehrten Verhältniss. Bei grösserer Zahl sind sie dünner; wenig zahlreiche Poren zeigen oft eine bedeutende Mächtigkeit. (Fig. 26 A stellt eine

Scheidewand dar, an der man nur einen einzigen, sehr weiten Porus bemerkt.) Uebrigens haben die Poren der nämlichen Wand durchaus nicht die nämliche Dicke; neben starken liegen feinere und solche die man kaum noch wahrnimmt. Auch kommen häufig Porenkanäle vor, die nur stellenweise sichtbar sind, z. B. nur in der Nähe der Medianschicht (Fig 28), oder nur da, wo sie an das Zellenlumen angrenzen, oder nur in der Hälfte der Scheidewand, die der einen Zelle angehört (Fig. 34). Daraus geht deutlich hervor, dass die Porenkanäle in den dicken Scheidewänden nicht etwa wirklich in geringerer Zahl vorhanden sind als in den dünnern, sondern dass viele derselben oder die meisten aus einer besondern Ursache sich dem Auge entziehen. Diese Ursache liegt in der Consistenz der Substanz; je dicker eine Scheidewand ist, aus desto weicherer Masse besteht sie. Die Porenkanäle werden in der weichen Substanz nur noch gesehen, wenn sie mit Protoplasma gefüllt sind. In den dünnen Wänden dagegen, welche aus dichter Substanz gebildet sind, sieht man auch die leeren (bloss Flüssigkeit enthaltenden) Canäle deutlich. — Mit dem Umstande, dass in den dicken Scheidewänden wenige oder auch gar keine Porenkanäle sichtbar sind, hängt ein anderer Unterschied gegenüber den dünnen Scheidewänden zusammen. Während die letztern auf dem Längsschnitte beiderseits gekerbt sind, zeigen die erstern ein ganzrandiges Profil (Fig. 26 A, 28, 32). — Endlich ist noch zu bemerken, dass in den dickern Scheidewänden die Porenkanäle verzweigt sind (Fig. 28, 33) während sie in den dünnen sich immer einfach zeigen. Diese Verzweigung hat den nämlichen Charakter wie in den dickwandigen Parenchymzellen.

Auf dem Längsschnitt der Siebröhren erscheint die Medianschicht (m) in den dicken Scheidewänden meist gerade so, wie sie für die dünnern beschrieben wurde; nämlich als ein sehr dünner, weisslicher Streifen, in welchem sich längliche, seltener ovale knötchenförmige Anschwellungen von dunkeln röthlichem Aussehen befinden (Fig. 4 A, 7 m und m′, 26 B,

32). Zuweilen ist der weissliche Streifen unsichtbar, und die Knötchen stellen eine punctirte Linie dar; oder die Medianschicht erscheint auch als ein röthlicher sehr schmaler von einer Doppellinie eingefasster Zwischenraum, welcher stellenweise knötchenförmig erweitert ist. Bald haben die Knötchen ziemlich gleiche Grösse und befinden sich in regelmässigen Abständen; bald sind sie mehr oder weniger ungleich gross. Es treten diese Verhältnisse durch die Einwirkung von Kali deutlicher hervor. Sie werden wie in den dünnern Wänden, durch die Beschaffenheit des Netzwerkes, das die Flächenansicht zeigt, und durch die Art, wie dasselbe zufällig durchschnitten, oder von der Einstellung des Focus zur Ansicht gebracht wurde, bedingt. Im Allgemeinen findet man in dieser Beziehung bei dickern Wänden eine grössere Unregelmässigkeit als bei dünnen. Hin und wieder sieht man zwischen 2 Knötchen einen Porenkanal durchgehen.

Es kommen, zwar selten, auch dicke Scheidewände vor, in denen die mittlere Partie genau das Aussehen einer vollständigen dünnen Wand hat. Besonders deutlich zeigte sich dieses Verhalten nach Erhitzen mit Aetzkalilösung (Fig 2). Der Grund davon ist offenbar kein anderer, als dass die Substanz, welche der Medianschicht zunächst liegt, die nämliche Dichtigkeit besitzt wie die dünnen Wände. In dieser dichtern Substanz sind alle Porenkanäle sichtbar; die ganze übrige Masse dagegen ist weich und lässt dieselben nur insofern erkennen, als sie Protoplasma enthalten. — Ferner gibt es selten Scheidewände, welche auf dem Längsschnitt der Siebröhren in der Weise aus 2 Partien zusammengesetzt erscheinen, dass die innere Partie das Aussehen einer dicken Wand selber hat, dabei aber gewöhnlich etwas schmäler (im Querdurchmesser der Siebröhren) ist, als die äussere (Fig. 3 A, 32). Die beiden Partien sind in der Dichtigkeit ihrer Substanz verschieden; die innere ist auch hier die dichtere, doch nicht in dem Grade, dass die Porenkanäle in derselben sichtbar würden. — Endlich ist noch zu erwähnen, dass einzelne der dicken Scheidewände vollkommen

homogen erscheinen (Fig. 26 A) die Medianschicht wird in denselben erst nach Einwirkung von Kalilösung deutlich (Fig. 26 B).

Betrachtet man die dicken Scheidewände von der Fläche, so zeigen sie ganz das nämliche gefelderte Aussehen wie die dünnen. Es ist durchaus kein Unterschied zu bemerken, ausgenommen dass die Areolen in der Regel eine unregelmässigere Gestalt und Anordnung besitzen. Ferner sieht man bei schiefer Lage der Scheidewand deutlich, dass die Felderung auf die Medianschicht beschränkt ist. Man überzeugt sich davon am leichtesten, wenn man eine durch Maceration frei gewordene Scheidewand unter dem Microscop umwälzt. Da man bei schiefer Stellung derselben von den Seitentheilen nur den Umfang (der in den vorspringenden Rand ausgeht) wahrnimmt, so hat man das Bild einer dünnen gefelderten Platte, die von einem doppelten Ring umgeben ist, oder eines Siebes, das nach beiden Seiten einen vorstehenden Rand besitzt (Fig. 9). — Auch an den dicken Scheidewänden ist es leicht, beim Drehen derselben nachzuweisen, dass die röthlichen knötchenförmigen Punkte, welche auf dem Längsschnitt in der Medianschicht sich zeigen, die Durchschnittsansichten des Netzes sind, welches in der Flächenansicht der Scheidewand die Areolen umgibt. Man kann beim Wälzen des Objects den Uebergang der Knötchen in röthliche kanalartige Linien und dann in das Netzwerk selbst verfolgen. — Die Scheidewände, an welchen auf dem Längsschnitt die innere Partie nicht bis an die beiden Enden reicht, haben auch in der Flächenansicht nur eine mittlere Partie mit dem Netzwerk bedeckt, während die übrige Fläche ganz glatt erscheint (Fig 3 B).

Die Flächenansicht zeigt meist in allen Feldern der Medianschicht den Porus (p) mehr oder weniger deutlich (Fig. 11 B, 18; Fig. 6 in etwas schiefer Lage), derselbe befindet sich in der Regel genau im Centrum jeder Areole. In einer Scheidewand wurde er häufig excentrisch, zuweilen randständig und selbst auf den Zwischenräumen zwischen den Feldern gesehen (Fig. 16). Ich bin ungewiss, wie diese Ausnahme zu

deuten ist; es wäre möglich, dass die scheinbare Abweichung mit der Verzweigung der Porenkanäle zusammenhienge. Wenn der Focus höher oder tiefer gestellt wird, so sieht man die Poren noch deutlich, wenn das Netzwerk undeutlich oder unsichtbar geworden ist, und man kann sie bei fortwährender Entfernung von der Medianschicht oft bis an die Oberfläche der Scheidewand verfolgen, wo sie mit einer trichterförmigen Erweiterung münden. Stellt man auf die Oberfläche ein, so sieht man zuweilen die mit Protoplasma gefüllten Poren durch querverlaufende Plasmastränge mit einander netzartig verbunden.

Durch Maceration in Wasser zerfallen die dicken Scheidewände in 3 Theile, einen mittlern und 2 seitliche (Fig. 8). Der mittlere besteht meistens bloss aus der Medianschicht und ist äusserst dünn (Fig. 11 A). Selten ist derselbe dicker und besteht dann aus der Medianschicht und der dieselbe zunächst bedeckenden Substanz (Fig. 8 A n). Ohne Zweifel stammt dieses letztere Gebilde von einer jener dicken Scheidewände her, deren mittlerer Theil das Aussehen einer ganzen dünnen Wand hat (Fig. 2). Von der Fläche angesehen zeigt der mittlere Theil die Areolen und oft auch die Poren sehr deutlich (Fig. 8 B n, 11 B). Die durch Maceration frei gewordene Medianschicht kann durch stärkere Einwirkung selbst noch in 2 Plättchen zerfallen, von denen jedes auf der Flächenansicht die nämliche Felderung zeigt wie die ganze Schicht, nur in schwächerer Zeichnung. Die Trennung beginnt am Umfange und schreitet nach der Mitte hin fort (Fig. 11 A; Fig. 11 B zeigt die Flächenansicht in etwas schiefer Stellung, so dass das eine Plättchen q" eine horizontale, das andere q' q' eine vertikale Lage hat).

Die beiden Seitentheile, die beim Zerfallen der dickern Scheidewände frei werden (Fig. 8 A o), haben natürlich eine sehr verschiedene Gestalt. Wegen der vorstehenden Ränder bieten sie oft das Aussehen von Schüsseln dar, in denen ein Kuchen liegt. Von der Seite angesehen (entsprechend dem Längsschnitt durch die Siebröhren) zeigen sie einen gekerbten

innern Rand, welcher sich von dem mittlern Theil lostrennte (Fig. 8 A o). Von der innern Fläche betrachtet, lassen sie ein zartes, oft undeutliches Netz wahrnehmen (Fig 8 B o); dasselbe rührt lediglich von Unebenheiten der Oberfläche her, es stimmt genau mit dem Netzwerk des mittlern Theils überein und entspricht den Eindrücken, welche der letztere verursacht hat. Die äussere Fläche ist glatt (Fig. 8 A o).

Aetzkalilösung macht die Substanz der Scheidewände aufquellen. Zuerst wird die weichere Masse angegriffen und wenn die Medianschicht von dichterer Substanz umgeben ist, so tritt dieser mittlere Theil deutlicher hervor (Fig. 2); nachher quillt er aber auch zu weicher Gallerte auf, in welcher die Medianschicht sich scharf zeichnet. An der Grenze zwischen der aufgequollenen Scheidewand und dem Protoplasma der Zellhöhlung bemerkt man oft eine dichte weissliche Membran (Fig. 2 b) und es macht den Eindruck, als ob die äusserste Schicht der Wandung dichter sei als die übrige Masse. Indess gehört die scheinbare Membran dem Protoplasma an, wie man aus der Reaction von Jod erkennt; denn sie färbt sich durch dasselbe braungelb, während die Substanz der Scheidewand noch ungefärbt bleibt. Diese wird übrigens so weich, dass sie von dem Wasser bloss durch die Begrenzung unterschieden werden kann. Wirkt das Aetzkali noch stärker ein, so verschwindet die aufgequollene Substanz ganz dem Auge, sie wird aufgelöst. Es bleibt nur die Medianschicht übrig. Diese erscheint schon, wie bereits bemerkt, in der aufgequollenen Masse sehr deutlich. Man erkennt oft, dass sie aus zwei Plättchen besteht, indem eine mittlere trennende Linie sich von einem Ende bis zum andern verfolgen lässt (Fig. 7 m und m'). In andern Fällen erscheint sie einfach (Fig. 24 a). Bei stärkerer Einwirkung des Kali theilt sich die Medianschicht in ihre beiden Plättchen, wobei die Trennung am Umfange beginnt Fig 24 A bei mittlerer, B bei höchster Einstellung). Dieser Process kann durch vorausgehende Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure befördert werden. Das einzelne Plättchen erscheint in senkrechter Stel-

lung als ein äusserst dünnes Häutchen, welches stellenweise in halbkreisförmige einseitige Knötchen verdickt ist (Fig. 24 b). Ob es ein wirkliches Häutchen sei, lässt sich aber in dieser Ansicht nicht entscheiden. Betrachtet man die Medianschicht nach starker Kalieinwirkung in horizontaler und schiefer Lage, so sieht man oft deutlich, dass sie bloss noch ein Netz aus Balken ist und dass die Felder durchbrochen sind. Namentlich überzeugt man sich hievon, wenn der Rand einer entzweigeschnittenen Medianschicht schief nach oben gekehrt ist (Fig. 25).

Nicht bloss die Scheidewände der Siebröhren sind ganz oder in ihrer mittlern Partie mit Siebporen besetzt. Die gleiche Erscheinung tritt stellenweise an den Seitenwänden auf. Man beobachtet Stellen von sehr verschiedener Form und Grösse, welche im Wesentlichen das gleiche Aussehen zeigen wie die Querwände, nur mit dem Unterschiede, dass in der Regel Alles kleiner und undeutlicher ist. Betrachten wir zuerst diese Siebporengruppen oder Siebfelder, wie ich sie nennen will, von der Fläche. Man sieht sie in einer, auch in 2 Längsreihen auf einer Siebröhre (Fig. 37). Zuweilen beobachtet man deutlich, dass jeder an dieselbe angrenzenden Zelle eine Reihe von Siebfeldern entspricht (Fig. 38; die Linien a, b deuten die Begrenzung der anliegenden Zelle an). Dieselben liegen bald näher beisammen, bald entfernter. Sie haben meistens einen querovalen oder querelliptischen, seltener rundlichen oder längsovalen Umriss. — Es gibt auch zusammengesetzte Siebfelder, d. h. solche, welche aus 2 oder 3 Abtheilungen bestehen (Fig. 37). Die areolirten Abtheilungen sind durch glatte Zwischenräume geschieden, welche häufiger gerade oder schiefe Längswände, seltener gerade oder schiefe Querwände, bald äusserst zart und dünn, bald sehr breit sind. Die einfachen Siebfelder sind meist bis an den Rand gefeldert (Fig. 36 B); seltener nimmt der areolirte Raum nur die mittlere Partie ein (Fig. 38). — Der Querdurchmesser der Siebfelder beträgt meistens 10 — 35 Mik., der Längsdurchmesser 3 — 25 Mik. Doch gibt es auch selten einzelne, welche über 60 Mik. breit und bis 45 Mik. hoch sind;

selbst solche, welche in der Breite den halben Umfang der Siebröhre einnehmen (Fig. 42, ab).

Die Areolen der Siebfelder sind meist eckig, seltener rundlich, in der Mitte gewöhnlich grösser als am Umfange, bald regelmässig in gekreuzte oder concentrische Reihen, bald ohne alle Regel angeordnet. Von den kleinsten Areolen, die man am Umfange findet, gehen 4 — 5, von den kleinsten in der Mitte eines Feldes 3 auf die Länge von 5 Mik.; von den grössten kommen 2 auf 10, auch wohl auf 15 Mik. Die Poren sind nur in den grössern Areolen sichtbar (Fig. 42, a). — Wenn die Felderung sich auf eine mittlere Partie des Siebfeldes beschränkt, so erscheint der umgebende Ring zwar nicht homogen (Fig. 38); aber es konnte nicht ausgemittelt werden, ob er äusserst zarte und kleine Areolen oder irgend eine andere Zeichnung zeige. — Die seitlichen Siebfelder zeigen sich auf dem Durchschnitte immer verdickt. Bald ist die Verdickung gering und beträgt kaum 3 Mik.; bald erreicht sie einen Durchmesser von 15 Mik. Zwischen zwei an einander stossenden Siebröhren springt die Verdickung häufig gleichmässig nach beiden hin vor (Fig. 39). Wenn die Siebröhre an eine andere Zelle angrenzt, so sind die beiden Seiten der Verdickung gewöhnlich ungleich. So sieht man namentlich, dass die Verdickung auf der Seite der Siebröhre mächtiger ist als auf der andern; sie kann selbst ausschliesslich in das Lumen der Siebröhre hineinragen (Fig. 36 A, 40). Zuweilen befindet sie sich in einer tellerförmigen Vertiefung.

Auf dem Durchschnitte durch die Siebfelder erkennt man nicht selten deutlich 3 Partien, die Medianschicht, welche dichter erscheint und die Seitentheile, welche aus weicherer Masse bestehen, zuweilen aber eine dichtere Grenzschicht zeigen (Fig. 39). Befindet sich die Verdickung nur auf der einen Seite, so ist auch nur auf dieser der weichere Seitentheil bemerkbar (Fig. 40). Zuweilen kann die Medianschicht nicht unterschieden werden (Fig. 42, 43). Auch von den Knötchen in derselben, die man an den Querwänden so deutlich sieht, ist in der Regel nichts zu sehen. Die Porenkanäle zeigen sich um so deutlicher, je

allein derselbe ist nichts anderes als die durchscheinende Medianschicht der hinter dem Porenkanal liegenden Substanz (Fig. 17 B). Die andere Thatsache besteht in besonders weiten Porenkanälen, welche hin und wieder angetroffen werden. Wenn dieselben einen Durchmesser von 4 Mik. haben, und mit Protoplasma gefüllt sind, so genügen die Längsschnitte, wie man sie aus dem frischen Stengel erhält, vollkommen, um mit Sicherheit den Mangel einer verschliessenden Membran zu erkennen (Fig. 26). Ich muss daher, entgegen der Behauptung Mohl's die Continuität der Siebporenkanäle wenigstens für Cucurbita als erwiesen erklären. Es kann darüber um so weniger ein Zweifel obwalten, als in beiden Beispielen von einer trennenden Wand nie das Geringste sichtbar ist, wenn die Medianschicht das gleiche Lichtbrechungsvermögen besitzt wie die übrige Substanz und daher nicht unterschieden wird; nur dann, wenn die Medianschicht sich deutlich zeichnet, erregt sie, in Folge Durchscheinens, gewöhnlich auch in den Porenkanälen den falschen Schein einer Querwand.

Die Siebröhren enthalten einen protoplasmaartigen Schleim, welcher in der Regel an einer der beiden Flächen jeder Scheidewand angehäuft ist (Fig. 31 a, 29 a), während an der andern Fläche sehr häufig warzen- oder blasenförmige Tropfen desselben sich befinden (Fig. 31 g, 27, 30). Dieser Schleim scheint von dem Protoplasma des übrigen Gewebes etwas verschieden zu sein. Jod färbt denselben bei starker Einwirkung braun oder rothbraun, indess das Protoplasma schwächer und mehr gelb gefärbt wird. Durch Salpetersäure wird der Schleim der Siebröhren gelb, das übrige Protoplasma dagegen bleibt farblos. Mit diesem Verhalten des Schleimes stimmen auch überein die Scheidewände der Siebröhren, ihre seitlichen Verdickungen und die Fasern der Gefässe. Sie zeigen bei Einwirkung von Jod so wie von Salpetersäure oft ganz die nämlichen Färbungen sowohl was die Intensität als den Ton betrifft. Daraus geht wohl hervor, dass die Siebverdickungen von dem nämlichen Stoff durchdrungen sind, welcher in dem Schleim die Jodreaction be-

dingt. Es besteht aber zwischen beiden eine Verschiedenheit; bei geringerer Einwirkung des Jod wird der Schleim schon ziemlich intensiv gefärbt, indess an den Siebverdickungen noch keine Veränderung wahrgenommen wird. Eben so werden die letztern, wenn sie die nämliche Färbung zeigten, durch Wasser viel schneller entfärbt als der Schleim. In dünnen Durchschnitten von Querscheidewänden sah ich die von Jodkaliumjod hervorgebrachte Farbe durch einen Wasserstrom augenblicklich verschwinden. Diess scheint mir sich so erklären zu lassen. Die in der Zellwand eingelagerte Proteinverbindung ist bis auf einen gewissen Grad durch die Molecularwirkung der sie umgebenden Cellulosetheilchen geschützt. In dem Schleim dagegen ist sie gleichsam aufgeschlossen und fremder Einwirkung preisgegeben, weil sie sich hier mit einer halbflüssigen Substanz gemengt hat. — Ueber die chemische Beschaffenheit des Inhaltes der Siebzellen weiss ich übrigens nichts Sicheres, da es mir noch nicht möglich war, eine hinreichende Menge desselben für eine Analyse zu sammeln; und es ist lediglich Vermuthung, dass *derselbe* aus einer Proteinverbindung und einer stickstofflosen auf Jod nicht reagirenden Substanz bestehe.

Was nun die Formbildung des Schleimes der Siebröhren betrifft, so ist derselbe meistens feinkörnig, seltener homogen. Die Anhäufung an den Scheidewänden, welche bald sich scharf abgrenzt bald allmählich sich in den übrigen Inhalt verliert, ist zuweilen quergestreift; man erkennt darin abwechselnde dichtere und weichere Schichten. Die letztern gleichen mit Wasser gefüllten Spalten (Fig. 29, a). Seltener kommen auch elliptische und rundliche Hohlräume vor. — Die Tropfen (g), welche auf der andern Seite der Scheidewände sich befinden, sind homogen und überall von gleicher Dichtigkeit; oder sie besitzen eine dichtere Grenzschicht; oder sie bestehen auch abwechselnd aus dichtern und weichern Schichten (Fig. 26 A, 27, 30, 31, 35 g).

Die Anordnung des Schleimes in den Siebröhren deutet offenbar auf eine Bewegung durch dieselben. Wie bereits bemerkt, ist er an den Scheidewänden angehäuft, und zwar kom-

men die Anhäufungen in der nämlichen Siebröhre fast ohne Ausnahme auf der nämlichen Seite vor. In der grossen Mehrzahl ist es die untere Fläche der Scheidewand, somit das obere Ende jeder Zelle, wo sich der Schleim anhäuft. In einer geringern Zahl (durchschnittlich $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{4}$ aller Siebröhren) wird die umgekehrte Lagerung beobachtet. Man sieht oft Siebröhren unmittelbar neben einander, von denen die eine den Schleim in den obern Enden ihrer Glieder, die andere in den untern Enden anhäuft. Selten gibt es auch Siebröhren, in denen an einem bestimmten Punkte die Lagerung wechselt; dann haben z. B. die obern Glieder die Schleimanhäufungen in ihrem obern, die untern in ihrem untern Ende oder umgekehrt. In diesem Falle zeigt das Glied, welches den Uebergang bildet, entweder keine Anhäufung oder es hat deren zwei; und wenn es kurz ist, so kann es auch ganz mit Schleim angefüllt sein.

Die Saftbewegung in einer Siebröhre geht nach der Richtung hin, nach welcher sich in den Gliedern der Schleim angehäuft hat. Diess wird schon durch die erwähnte bestimmte Anordnung angedeutet. Es gibt überdem noch andere Erscheinungen, welche dafür sprechen. Die Scheidewände sind fast immer mehr oder weniger gebogen. Die Biegung ist constant so gerichtet, dass die Schleimanhäufung sich auf der concaven Seite befindet (Fig. 29 a); sie wird hervorgebracht durch den Druck, den der sich bewegende Saft auf die Scheidewände ausübt. Die convexe Seite ist entweder frei von Schleim, oder sie ist mit Schleimtropfen besetzt, welche mit einem dünnen Stiel je in einem Porenkanal befestigt sind und dadurch mit der Plasmaanhäufung auf der andern Seite in Verbindung stehen (Fig. 26 A, 27; in Fig. 10 sieht man die in eine Schleimwarze endigenden Porenkanäle in schiefer Ansicht). Dieses Verhalten deutet offenbar darauf hin, dass der Schleim durch die siebförmige Wand durchgepresst wird und unter bestimmten Umständen hier als Tropfen auftritt. Dieselben haben, entsprechend ihrer Entstehungsweise, wenn sie an der obern Fläche sich befinden, eine kugelige oder birnförmige (Fig. 26, 27), wenn sie

an der untern Fläche hängen, eher eine birnförmige oder längliche Gestalt (Fig. 31). Zuweilen bestehen sie aus mehrern in einander geschachtelten Blasen, und erregen dann ganz den Eindruck, als ob der Schleim stossweise in kleinen Partien durch den Porus durchgepresst worden sei (Fig. 27 g; Fig. 35 g von der Fläche gesehen).

Wenn man einen Stengel von Cucurbita in's Wasser stellt und das obere Ende abschneidet, so quillt aus der Schnittfläche eine weiche, schleimige Gallerte heraus. In 12 bis 24 Stunden sammelt sich dieselbe öfter zu wallnussgrossen Massen. Die Erscheinung tritt regelmässig ein, wenn die Luft etwas feucht ist und das Austrocknen der Schnittfläche verhindert wird. Dieser Schleim ist der nämliche wie derjenige, welcher sich in den Siebröhren befindet; wenigstens verhält er sich zu Jod ganz in gleicher Weise. Er quillt aber auch wirklich aus den Siebbündeln hervor, wie man mit der Loupe deutlich wahrnimmt. Wenn man die Schnittfläche des Stengels, an welcher das Heraustreten des Schleimes eben beginnt, unter das Microscop bringt, indem man eine dünne Platte von dem obern Stengelende abschneidet, so bemerkt man sogar, dass die Schleimtropfen nur aus den Siebröhren und aus den bastähnlichen Zellen, welche in dem parenchymatischen Theil des Siebbündels (pag. 2) liegen, ausfliessen.

Die erwähnten Thatsachen lassen keinen Zweifel darüber bestehen, dass der schleimige Inhalt der Siebröhren sich wegen der Continuität ihrer Höhlung durch den Kürbisstengel fortbewegen kann, und dass diese Fortbewegung unter bestimmten Umständen wirklich erfolgt. Die nächsten Fragen wären nun, von welchen Umständen hängt die Strömung ab, in welcher Richtung geht dieselbe, welche Grenzen hat sie? für die Beantwortung gibt es bis jetzt nur einige Andeutungen, die aus den vorhandenen dürftigen Thatsachen hervorgehen. Ich habe angeführt, dass durchschnittlich ¾ oder ⅘ aller Siebröhren die Schleimanhäufung in den obern Enden ihrer Glieder zeigten, und dass bei dem andern ¼ oder ⅕ das Umgekehrte beobachtet wurde. Daraus folgt, dass in der Mehrzahl die Saftströmung zu-

letzt nach oben, in der Minderzahl nach unten gegangen ist. Aber damit ist nicht gesagt, dass diess für die unverletzte Pflanze gilt. Um die Siebröhren unter dem Mikroskop zu beobachten, muss man den Stengel zerschneiden. So wie diess geschieht, tritt an den Schnittflächen in Folge der Elasticität der Gewebe Saft aus den Siebröhren heraus. Wenn man ein Stengelstück längere Zeit mit dem untern Ende in Wasser stellt, so sammelt sich an der obern Schnittfläche nach und nach eine grössere Menge von Schleim. Es wäre also möglich, dass die Schleimanhäufungen an den Scheidewänden und die Blasen von durchgepresstem Schleim erst eine Folge der herbeigeführten abnormalen Verhältnisse wären. Es dürfte schwer sein, sich darüber vollkommene Gewissheit zu verschaffen; namentlich mangelt eine Methode, um zu ermitteln, welchen Einfluss die Contractionen der Gewebe in Folge der Eingriffe des Messers haben.

Um zu erfahren, ob das durch den Stengel aufsteigende Wasser vielleicht in dem Saftstrom der Siebröhren eine Veränderung veranlasse, stellte ich frisch abgeschnittene Stücke des nämlichen Stengels je die einen aufrecht mit dem untern Ende, die andern umgekehrt mit dem obern Ende in's Wasser und liess dieselben 24 Stunden und länger stehen. Bei der Untersuchung der erstern zeigte sich das durchschnittliche Verhältniss von 4—5 Siebröhren die nach oben, auf 1 die nach unten leitet. In den letztern war dieses Verhältniss ein anderes; oft beobachtete man in der Hälfte der Siebröhren die Schleimanhäufungen an den ursprünglich untern (Basilar-) Enden der Glieder, oft war diess selbst mehr als in der Hälfte, oft auch nur in der kleinern Hälfte oder nur in einem Drittheil der Fall. — Dieses Experiment wurde wiederholt; es trat aber nicht immer mit dem nämlichen Erfolge ein. Es gab ausnahmsweise auch aufrecht im Wasser stehende Stengelstücke, in welchen beinahe die Hälfte der Siebröhren die Schleimanhäufungen am obern Ende hatte, so dass ein sicherer Schluss aus diesen Beobachtungen ebenfalls nicht zu ziehen ist. Auch hier können bei der Präparation für's Mikroskop noch Veränderungen vor sich gegangen sein.

Um ferner zu erfahren, wie die Contraction der Gewebe auf die Bewegung in den Siebröhren einwirke, wurde ein 100 M.M. langes Stück aus einem Internodium der frischen Pflanze herausgeschnitten. Aus beiden Schnittflächen quollen grosse Schleimtropfen hervor. Kurze Zeit nachher wurden die beiden Enden des Stengelstücks auf Längsschnitten untersucht. Am obern Ende war die Mehrzahl der Querwände in den Siebröhren gebogen und mit Schleimblasen besetzt und zwar fast ohne Ausnahme in der Art, dass eine Strömung nach oben angezeigt wurde. Am untern Ende zeigten fast $\frac{2}{3}$ aller Querwände weder Biegung noch Schleimtropfen; von den übrigen kehrte die Mehrzahl die convexe Seite und die daran hängenden Blasen nach unten. — Ein abgeschnittener Zweig mit unverletzter Spitze blieb eine Stunde trocken liegen. An der Schnittfläche befanden sich zahlreiche grosse Schleimtropfen. Nun wurde das zunächst liegende Gewebe untersucht, und es zeigte sich, dass alle Querwände der Siebröhren nach unten gebogen und an der convexen (untern) Seite mit Schleimblasen bedeckt waren. Darauf schnitt ich den Zweig am nächsten Knoten durch. Das auf diese Weise abgetrennte Basilarstück hatte eine Länge von 60 M. M. Nach 20 Minuten untersuchte ich das Gewebe an dessen oberem Ende. Die meisten Querwände in den Siebröhren waren nach unten gebogen und hatten Schleimblasen auf der untern Seite; diess war offenbar eine Folge der abwärts gehenden Strömung, welche vor der Lostrennung des Stückes in dem ganzen Zweige und namentlich in dessen unterstem Theile stattgefunden hatte. Einige Querwände waren dagegen nach oben gebogen und hatten die Schleimblasen auf der obern Seite; ohne Zweifel weil nach Lostrennung des Stückes eine geringe Menge von Saft an dessen oberem Ende ausgetreten war, und weil somit in Folge der stattgehabten Contraction in der Nähe der obern Schnittfläche ein geringer Saftstrom nach oben begonnen hatte.

Aus den eben mitgetheilten Beobachtungen ergibt sich, dass die Contraction des Gewebes eine bestimmte Strömung des

Schleimes in den Siebröhren veranlassen kann, und dass wenn diese mechanische Ursache eine gewisse beträchtliche Kraft erreicht, alle auf dem Querschnitte befindlichen Siebröhren in der nämlichen Richtung leiten. Ist die mechanische Ursache aber weniger wirksam, so wird eine grössere oder geringere Zahl von Siebröhren davon nicht afficirt, und behält ihre gewöhnliche Strömungsrichtung, welche vorherrschend von unten nach oben zu gehen scheint. Man möchte vielleicht denken, dass auf diesem Wege noch genauere und bestimmtere Resultate zu erzielen wären. Ich habe die Beobachtungen nicht fortgesetzt, weil an den Präparaten für das Mikroskop selbst die ungleiche Contraction wirksam sein muss und weil sich diese Wirkungen nicht controliren lassen.

Es lässt sich also mit Rücksicht auf die Richtung bloss sagen, dass der anatomische Bau und das Verhalten unter abnormalen Umständen die Annahme erlaubt, es leiten die Siebröhren sowohl nach oben als nach unten. Aber es bleibt noch zu ermitteln, ob eine bestimmte Strömung und zwar wie es wahrscheinlich ist eine vorherrschend nach oben gerichtete Strömung wirklich vorkomme, ob sie in allen Siebröhren die nämliche sei, oder ob die einen constant nach oben, die andern constant nach unten leiten, oder ob in der nämlichen Röhre die Richtung wechsele. — Wenn eine bestimmte Strömung nicht vorhanden ist, so muss doch mit den Turgescenzveränderungen im Gewebe eine Bewegung eintreten. Die Wasseraufnahme durch die Wurzeln, die Leitung desselben durch den Stengel und die Verdunstung durch die Blätter, welche drei Processe meist nicht so zusammentreffen, dass die positiven Wirkungen des einen durch die negativen der beiden andern aufgehoben werden, veranlassen ungleiche Modificationen in der Turgescenz der verschiedenen Gewebe. Es verdunsten die Blätter z. B. mehr als die Wurzeln aufnehmen: die Turgescenzverminderung wird sich zuerst in den Blättern, dann im Stengel geltend machen. Oder es hört die Verdunstung in den Blättern plötzlich auf: die vermehrte Turgescenz tritt zunächst in den Blättern, dann im

Stengel ein. Dadurch müssen Strömungen in den Siebröhren bald nach oben bald nach unten erfolgen, wie sie auch durch die Veränderungen der Turgescenz in den abgeschnittenen Stengelstücken herbeigeführt werden. — Diess gilt für den Fall dass der Inhalt der Siebröhren sich in Ruhe befindet. Wenn dagegen in denselben eine bestimmte von andern Ursachen bedingte Strömung vorhanden sein sollte, so müssten die genannten Turgescenzveränderungen dieselbe bald beschleunigen bald verlangsamen.

Die Siebröhren möchten in ihrer Function wohl mit den Milchsaftgefässen, Milchsaftgängen und übrigen Saftgängen übereinstimmen, deren physiologische Bedeutung von Schultz gewiss weit überschätzt und unrichtig gefasst, von den Gegnern aber allzu niedrig taxirt wurde. Die Wichtigkeit aller dieser grösstentheils mit schleimigen Säften angefüllten Canäle scheint mir offenbar darin zu liegen, dass die Pflanze auf sehr lange Strecken mit Leichtigkeit unlösliche Stoffe transportiren kann, und dass wenn auch eine bestimmte und constante Fortbewegung durch besondere Kräfte nicht vorhanden sein sollte, dennoch in Folge der genannten mechanischen Einflüsse der umgebenden Gewebe zeitweise Strömungen bald in dieser bald in jener Richtung eintreten müssen.

Mit Rücksicht auf die Entfernungen, bis zu welchen die Saftströmung durch die Siebröhren geht, und die Grenzen, die derselben gesteckt sind, können wir einmal sagen, dass diese ununterbrochenen Canäle sich durch die ganze Länge des Stengels erstrecken. Schwieriger ist die fernere Frage zu beantworten, ob und wie weit von den Siebröhren aus auch in der Querrichtung die Strömung sich fortpflanzen könne. Die Siebfelder, welche an ihren Seitenwandungen sich befinden, deuten darauf hin, dass wenigstens zu den angrenzenden Zellen eine offene Communication besteht. Zwar wurden hier die Poren nicht mit Sicherheit als wirkliche Löcher erkannt; allein es kann dieser Mangel auf Rechnung ihrer Kleinheit gesetzt werden. Es ist überhaupt wahrscheinlich, dass die seitlichen Siebfelder mit

denen der Scheidewände auch in dieser Beziehung übereinstimmen, da sie in allen andern Beziehungen ihnen gleichen; und es ist ferner wahrscheinlich, dass die Siebröhren aller übrigen Pflanzen sich wie diejenigen von Cucurbita verhalten. Ob die seitliche Communication in den die Siebröhren zunächst umgebenden Zellen endige, muss ich dahin gestellt sein lassen. Vielleicht dass eine Beobachtung, die ich schliesslich noch mittheilen will, eine Lösung dieser Frage andeutet.

Hartig und Mohl haben die Siebröhren als ein besonderes Elementarorgan hingestellt und dasselbe durch die Siebporen charakterisirt. Nun besitzen aber auch die Parenchymzellen des Markes und der Rinde von Cucurbita Pepo Siebporen oder wenigstens Poren, welche mit den seitlichen Siebfeldern der Siebröhren die grösste Aehnlichkeit haben (Fig. 44). Diese verdünnten bis jetzt als Poren bezeichneten Stellen der Membran sind von elliptischer Gestalt, 8—20 Mik. lang, 2½—5 Mik. breit und 4 — 6 mal so lang als breit. Die schmälern haben 1, die breitern in der Mitte 2 Reihen von röthlichen Areolen, die von weisslichen Streifen eingefasst sind. Ich beschränke mich auf die einfache Erwähnung dieser Thatsache und überlasse die Entscheidung der Frage, ob auch die Parenchymzellen wirkliche Siebporen besitzen, fernern Untersuchungen.

Erklärung der Tafeln I und II.

In allen Figuren bezeichnet p die Porenkanäle, i die Zwischenräume zwischen den Areolen, m die Medianschicht, g die Schleimblasen an der Siebscheidewand, c den vorstehenden Rand derselben, s die Seitenwand der Siebröhren. Die in ( ) eingeschlossenen Zahlen zeigen die Vergrösserung an.

1. Längsschnitt durch eine Siebscheidewand.

2. Längsschnitt durch eine Siebscheidewand, durch Erhitzen in Aetzkali stark aufgequollen. b Plasmaschicht.

3. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel; A in der Längsansicht, B in der Flächenansicht.

4. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel; A in der Längsansicht, B in der Flächenansicht.

5. Ein Theil einer Siebscheidewand von der Fläche.

6. Eine Siebscheidewand durch Jodkaliumjod gefärbt, schief von der Fläche.

7. Siebscheidewand im Längsschnitt durch Kalilösung aufgequollen; m' Medianschicht bei stärkerer Vergrösserung.

8. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel, welche in 3 Stücke zerfallen ist; n mittlerer Theil, o, o Seitentheile; A in der Längsansicht, B in der Flächenansicht.

9. Siebscheidewand aus einem macerirten Stengel schief von der Fläche gesehen.

10. Siebscheidewand durch Jod gefärbt schief von der Fläche; die Poren (p) enden in Warzen von Schleim (g).

11. Die Hälfte des Mittelstückes einer Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel; A in der Längsansicht, B in der Flächenansicht

12. Stück einer Siebscheidewand; A im Längsschnitt, B von der Fläche.

13. Stück einer Siebscheidewand von der Fläche.

14. Siebscheidewand in Aetzkalilösung gekocht, von der Fläche, a bei stärkerer Vergrösserung; es ist nur die Medianschicht in Form eines Netzes übrig geblieben.

15. Seitlicher Theil einer durch Maceration zerfallenen Siebscheidewand von der innern Fläche gesehen.

16. Mittlerer Theil einer durch Maceration zerfallenen Siebscheidewand von der Fläche.

17. Dünner Längsschnitt durch eine Siebscheidewand; A in der Flächenansicht; B im Profil.

18. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel von der Fläche.

19. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel von der Fläche.

20. Dünner Durchschnitt einer Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel.

21. Dünner Durchschnitt einer Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel.

22. Dünner Durchschnitt einer Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel.

23. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel von der Fläche; die Areolen sind von einem weisslichen Rand umgeben, die Zwischenräume zwischen den Areolen (i) sind nur stellenweise vorhanden.

24. Medianschicht einer in Aetzkali gekochten Siebscheidewand in der Längsansicht, A bei mittlerer, B bei höchster Einstellung. Dieselbe ist in der Mitte noch ungetheilt, ringsum in 2 Plättchen getrennt; a ganze Medianschicht, b einzelnes Plättchen derselben.

25. Medianschicht einer in Aetzkali gekochten Siebscheidewand, schief liegend und den durchschnittenen Rand zukehrend; sie besteht aus einem Netz von Balken.

26. Siebscheidewand im Längsschnitt, mit einem sehr grossen Porus; A in Wasser, B durch Aetzkalilösung aufgequollen und durch Jod gefärbt; die Schleimblase (g) hat sich in B mit dem Protoplasma vereinigt und die Medianschicht ist sichtbar geworden.

27. Siebscheidewand im Längsschnitt mit Schleimblasen auf der convexen Seite; a Protoplasma.

28. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel in der Längsansicht.

29. Siebröhre im Längsschnitt nach Behandlung mit chlorsaurem Kali in Salpetersäure, a Schleimanhäufung an der Scheidewand.

30. Siebröhre im Längsschnitt mit einer gebogenen und etwas schief stehenden auf der convexen Seite mit Schleimblasen bedeckten Scheidewand.

31. Siebröhre im Längsschnitt; die Scheidewand ist auf der obern Seite mit einer Schleimanhäufung auf der untern mit Schleimwarzen bedeckt.

32. Siebscheidewand aus dem macerirten Stengel in der Längsansicht.

33. Siebscheidewand im Längsschnitt.

34. Siebscheidewand im Längsschnitt durch Jodkaliumjod gefärbt; a, b Protoplasma.

35. Siebscheidewand von der Fläche mit einer Schleimblase (g).

36. Seitliches Siebfeld; A in der Durchschnittsansicht, B in der Flächenansicht.

37. Seitenwand zwischen 2 Siebröhren mit einfachen und zusammengesetzten Siebfeldern, in der Flächenansicht.

38. Seitenwand einer Siebröhre in der Flächenansicht; a, b eine angrenzende schmälere Zelle.

39. Längsschnitt durch die Seitenwand zwischen 2 Siebröhren mit zahlreichen Siebfeldern.

40. Längsschnitt durch die Seitenwand zwischen einer Siebröhre (a) und einer andern Zelle (b).

41. Seitliches Siebfeld von der Fläche.

42. Seitenwand einer Siebröhre von der Fläche, s im Längenprofil; a grosses Siebfeld von der Fläche, b im Profil; c kleine Siebfelder.

43. Seitenwand einer Siebröhre im Längsschnitt, mit 2 kugeligen Siebfeldern.

44. Membran einer Zelle des Rindenparenchyms in Aetzkali gekocht, dann durch Jod gefärbt.

2) Ueber die Verdunstung an der durch Korksubstanz geschützten Oberfläche von lebenden und todten Pflanzentheilen.

(Vorgetragen den 9. Februar 1861.)

Es ist bekannt, dass die gewöhnlichen Zellmembranen das Wasser viel leichter hindurch gehen lassen als die aus Korksubstanz bestehenden. Daher trocknen die unter Wasser befindlichen Pflanzentheile, wenn sie abgeschnitten und an die Luft gebracht werden, auffallend schneller als die nicht untergetauchten Organe, welche von der Pflanze losgetrennt werden; denn die letztern sind an ihrer Oberfläche mit Korksubstanz (Cuticula oder Periderm) überzogen, die erstern dagegen nicht. Daher nehmen die Wurzeln der Landpflanzen fast ausschliesslich mit ihren Enden (das Wurzelschwämmchen ausgenommen) Wasser auf, weil sich hier noch keine Korksubstanz gebildet hat. Daher geht die Verdunstung der Blätter ganz überwiegend durch die Spaltöffnungen vor sich, wo die Cuticula unterbrochen ist, und hört zum grössten Theile auf, wenn die Spaltöffnungen sich schliessen. Ein Apfel und eine Kartoffel werden viel schneller trocken, wenn man sie ihrer aus Korksubstanz bestehenden Schale beraubt. Einige Pflanzenphysiologen (Treviranus, Schlei-

den etc.) haben mit Unrecht die Verdunstung durch die Cuticula ganz geleugnet. Trauben, Pflaumen und andere Früchte, welche eintrocknen, beweisen das Gegentheil.

Die Verdunstung wurde bisher als ein „rein physikalisches Phänomen" betrachtet, und in der That gibt es kaum einen Process in der Pflanze, bei dem dieser Ausspruch mehr gerechtfertigt schiene. Die Membran der mit Flüssigkeit gefüllten Zelle ist von Wasser durchdrungen; ein Theil des letztern geht, wenn die Membran an die Luft grenzt, fortwährend durch Verdunstung verloren und wird aus dem Inhalte ersetzt. Indessen hat man in der Pflanzenphysiologie sehr oft zwei verwandte Dinge mit einander verwechselt. Die Gegner der Lebenskraft behaupteten, alle Processe seien physikalischer Natur, und folgerten dann weiter, sie geschehen desswegen in der Pflanze nach den bis jetzt bekannten physikalischen Gesetzen. Das Erstere ist richtig, das Letztere scheint in der Regel falsch zu sein.

Seit Entdeckung der Endosmose und Exosmose durch Dutrochet wurde vielfach angenommen, dass die nämlichen Gesetze für die Membranen der lebenden Pflanze gelten wie für die todten Häute, mit denen die Versuche angestellt wurden. Daraus wurde geschlossen, dass die Wurzeln alle ihnen in Lösung gebotenen Stoffe aufnehmen müssen, dass der Stoffwechsel eines Pflanzentheils oder einer Pflanzenzelle so lange dauere bis eine Ausgleichung erfolgt sei, dass das Saftsteigen in den Bäumen Folge von ungleicher Dichtigkeit der Flüssigkeiten sei u. s. w. Ich habe anderweitig gezeigt (Pflanzenphysiologische Untersuchungen I, 21), dass diese Annahme für mehrere Fälle unrichtig ist, und dass lebende Zellen sich anders verhalten als todte: dass lebende Zellen von Spirogyra und andern Wasserpflanzen eine gewisse Resistenz gegen die Ausgleichung ihrer Zellflüssigkeit mit dem umgebenden Wasser zeigen, dass aber in Folge von mechanischem Druck oder von chemischen Mitteln, welche die Zellen krankhaft afficiren und absterben machen, sehr rasch diese Ausgleichung erfolgt; — dass gelöste Farbstoffe nicht durch den Primordialschlauch der lebenden Pflanzen-

zelle, wohl aber mit Leichtigkeit durch den krankhaft veränd-ten diosmiren; — dass für das Saftsteigen die bekannten pl-sikalischen Gesetze nicht ausreichen, sondern dass in der leb-den Pflanzensubstanz eigenthümliche Verhältnisse und Kr-hinzukommen müssen. — Die Functionen der lebenden Pfla-sind sicher nichts anderes als physikalische Processe; aber werden durch besondere moleculäre Verhältnisse und du-diesen Verhältnissen entsprechende besondere moleculäre Bew-gungen und Kräfte eigenthümlich modificirt.

Ein sehr einfaches Beispiel, wo diese Frage von Neu-geprüft und mit Sicherheit entschieden werden konnte, bot d-Verdunstung dar. Ich stellte mir die Frage: Verdunstet unt-übrigens gleichen Umständen ein lebendes Gewebe gleichv-wie ein todtes, oder findet eine Verschiedenheit statt und welche Es mussten dazu Pflanzentheile genommen werden, welche m-Korksubstanz überzogen sind, weil diese von der Pflanze ge-trennt, noch lange lebenskräftig bleiben und weil bei ihnen di-Verdunstung langsamer von statten geht, — ferner Pflanzen-theile, welche keine Spaltöffnungen besitzen, weil das Geöffnet-oder Geschlossensein der leztern die Erscheinungen complicire-würde und überdem nicht zu controliren wäre. Ich wählte Kar-toffeln und Aepfel, erstere mit einer Periderm-, letztere mi-einer Cuticulaschale. Um ihr Gewebe zu tödten, liess ich si-gefrieren. Der Erfolg zeigte, dass diese Wirkung nur bei den Kartoffeln eintrat, während die Aepfelsorte, welche ich verwen-dete, den Frost ohne Nachtheil für das Leben ihrer Zellen er-trug. Um zugleich auch Aufschluss über die Verdunstung durch die Korksubstanz, im Vergleich mit den gewöhnlichen Zellmem-branen, zu erhalten, schälte ich einige Kartoffeln und Aepfel. Endlich liess ich gleichzeitig Wasser verdunsten, um die Ober-fläche von Geweben mit einer Wasserfläche vergleichen zu können. — Die Versuche waren folgende.

Am 15. Februar 1860 wählte ich 6 Kartoffeln so aus, dass sie, nachdem zwei derselben geschält worden waren, ziemlich gleiche Grösse, Gestalt und Gewicht hatten. Die zwei ge-

schälten (a, b) und zwei ungeschälten (c, d) wurden dem Frost ausgesetzt, die beiden übrigen (e, f) frostfrei aufbewahrt. Am 17. Februar Mittags 11 Uhr nahm ich alle in's geheizte Zimmer und liess sie nun daselbst auf einigen Bogen Fliesspapier liegen. Sie wurden anfänglich alle 4 — 5 Stunden, nachher zweimal, dann einmal jeden Tag und später immer nach Verfluss von mehreren Tagen gewogen. Die Temperatur betrug durchschnittlich 15° bis 16° C. Da ich nur eine Vergleichung der drei auf verschiedene Weise behandelten Kartoffelpaare beabsichtige, so werde ich weder über die Temperatur, noch über die Feuchtigkeit der Luft specielle Angaben beifügen.

Die zwei geschälten gefrorenen Kartoffeln wogen, nachdem sie 5 Stunden im Zimmer gelegen hatten und dabei aufgefroren waren, 78,83 Grm. und 5 Stunden später 74,57 Grm. Diese beiden Wägungen ergeben einen Verlust von 4,26 Grm. für 5 Stunden, oder 5,11 Grm. auf ¼ Tag berechnet. Die darauf folgende Gewichtsabnahme ist in nachstehender Tabelle enthalten[1]:

	Gesammtgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 24 Stunden
17. Februar	74,57	48,89	
18. „	62,50	36,82	12,07
19. „	52,73	27,05	9,77
20. „	43,94	18,26	8,79
21. „	37,11	11,43	6,83
22. „	32,23	6,55	4,88
25. „	29,29	3,61	0,98
29. „	27,34	1,66	0,49
5. März	26,36	0,68	0,20
15. „	25,68	0	0,07

(1) Ich theile hier so wie für die übrigen Beispiele aus den zahlreichen Wägungen nur so viele mit, als nothwendig ist, um ein deutliches Bild von dem Wasserverlust zu geben.

Die erste Columne gibt das Gewicht der beiden Kartoffeln in Grammen an, die zweite das Gewicht des darin noch enthaltenen und durch Verdunstung in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur abgebbaren Vegetationswassers, die dritte den Gewichtsverlust in 24 Stunden. Vom 15. März an fand keine Gewichtsabnahme mehr statt, die Kartoffeln waren lufttrocken.

Die zwei ungeschälten gefrorenen Kartoffeln (c, d) wogen, nachdem sie 5 Stunden im Zimmer gelegen hatten, 87,25 Grm. und 5 Stunden später 86,06 Grm. Der Verlust in diesen 5 Stunden war 1,19 Grm., was auf $^1/_4$ Tag berechnet 1,43 Grm. gibt. Die Gewichtsabnahme verhielt sich darauf wie folgt:

	Gesammt-gewicht	Verlust in 24 Stunden
17. Februar	86,06	
		1,10
18. „	84,96	
		0,64
22. „	82,41	
		0,53
25. „	80,81	

Schon einige Tage vor dem 25. Februar zeigte der eine der beiden Knollen einen kleinen schwarzen mit Pilzen besetzten Fleck und am 26. fing er an, hier ziemlich reichlichen Saft austreten zu lassen. Ohne Zweifel übte die austrocknende Cuticula einen Druck auf das Gewebe und presste die Flüssigkeit durch die verletzte Stelle heraus. Da diese Kartoffel für weitere vergleichende Beobachtungen betreffend die Verdunstung unbrauchbar war, so zerschnitt ich dieselbe. Das Gewebe war gelb wie an frischen Kartoffeln. Auch der Geruch zeigte sich wenig verschieden; nur die austretende Flüssigkeit hatte einen schwachen Fäulnissgeruch. Unter dem Mikroskop waren die Zellen ein wenig zusammengefallen; sie hatten ihre ursprüngliche Turgescenz verloren. Sonst aber liess sich keine Verän-

derung am Inhalte oder an der Membran erkennen; namentlich war nichts von brauner oder schwarzer Färbung wahrzunehmen.

Die andere noch unversehrte Kartoffel zeigte folgende Gewichtsabnahme:

	Gesammt-gewicht	Vegetations-wasser	Verlust in 24 Stunden
26. Februar	40,23	28,72	
5. März	38,17	26,66	0,26
10. „	36,97	25,46	0,24
15. „	33,45	21,94	0,70
26. „	30,37	18,86	0,28
6. April	27,44	15,93	0,27
21. „	23,51	12,00	0,26
30. „	20,14	8,63	0,37
9. Mai	17,22	5,71	0,32
16. „	15,44	3,93	0,25
30. „	12,89	1,38	0,18
13. Juni	11,51	0	0,10

Zwischen dem 10. und 15. März floss durch eine schadhafte Stelle der Oberfläche etwas Flüssigkeit heraus; am 15. März war dieselbe wieder ganz trocken. Auch nach dem 21. April zeigte sich eine Stelle etwas feucht. Daher rührt der zu diesen Zeiten merklich vermehrte Gewichtsverlust.

Die zwei nicht gefrornen Kartoffeln (e, f) wurden am 17. Februar mit den gefrornen Kartoffeln in das geheizte Zimmer gebracht. 5 Stunden später wogen sie 89,23 Grm. Die Gewichtsabnahme verhielt sich dann folgendermassen:

	Gesammt-gewicht	Vegetations-wasser	Verlust in 24 Stunden
17. Februar	89,23	67,82	0,23
25. „	87,37	65,96	0,24
5. März	85,24	63,83	0,22
15. „	83,01	61,60	0,24
21. „	81,55	60,14	0,26
31. „	78,96	57,55	0,25
14. April	75,49	54,08	0,27
30. „	71,14	49.73	0,32
9. Mai	68,22	46.81	0,36
16. „	65,70	44,29	0,38
22. „	63,41	42,00	0,36
30. „	60,56	39,15	0,36
5. Juni	58,38	36.97	0,34
16. „	54,59	33,18	0,35
2. Juli	48,93	27,52	0,33
16. „	44,32	22,91	0,26
3. August	39,63	18,22	0,23
28. „	33,70	12,29	0,13
18. Oct.	27,24	5,83	0,09
8. Nov.	25,38	3,97	0,06
12. Januar	21,41	0	

Die beiden Kartoffeln waren lufttrocken. Während einigen Tagen bei 100° getrocknet, verminderte sich ihr Gewicht auf 18,67 Grm., indem sie noch 2,74 Grm. Wasser verloren. Diese Kartoffeln enthielten demnach am 17. Februar, als der Versuch begann, 20,92 % Substanz und 79,08 % Wasser, wovon sie 76,01 in gewöhnlicher Luft verdunsteten und die letzten 3,07 bei 100° abgaben.

Für einen zweiten Versuch wählte ich am 25. Februar abermals 6 Kartoffeln von ziemlich gleicher Grösse und Gestalt aus. Sie wurden wie beim ersten Versuch behandelt; zwei geschält (g, h) und zwei ungeschält (i, k) während 13 Stunden

dem Froste ausgesetzt und zwei (l, m) frostfrei aufbewahrt; dann alle am 26. Februar Morgens 10 Uhr ins Zimmer genommen. — Die zwei geschälten Kartoffeln zeigten jetzt ein Gewicht von 120,37 Grm.

Nach 3 Viertelstunden fingen sie, in Folge des Auffrierens an, stellenweise zu schwitzen; nach $1^1/_2$ Stunden waren sie ziemlich schlaff geworden. Etwas später war die ganze Oberfläche, mit Ausnahme einer grössern Stelle, ziemlich benetzt. Die Gewichtsabnahme zeigte folgende Verhältnisse:

	Gesammtgewicht	Vegetations wasser	Verlust in 4 Stunden	Verlust in 24 Stunden
26. Febr. 10 U. Vorm.	120,37	89,12		
26. Febr. 2 U. Mitt.	114,48	83,23	5,89	
26 Febr. 6 U. Ab.	105,65	74,40	8,83	
26. Febr. 10 U. Ab.	100,48	69,23	5,17	
27. Febr.	84,86	53,61	2,60	15,62
28. "	72,45	41,20	2,07	12,41
29. "	62,39	31,14	1,68	10,06
1. März	52,92	21,67	1,58	9,47
2. "	46,04	14,79	1,15	6,88
3. "	41,83	10,58	0,70	4,21
4. "	39,16	7,91	0,44	2,67
5. "	37,21	5,96	0,32	1,95
7. "	35,38	4,13	0,15	0,91
15. "	33,27	2,02	0,04	0,26
31. "	31,25	0	0,02	0,13

Vom 31. März an fand keine Gewichtsabnahme mehr statt.

Die zwei ungeschälten gefrorenen Kartoffeln (i, k) wogen 123,83 Grm., als sie in das geheizte Zimmer gebracht wurden. Sie fingen nach 3 Viertelstunden an zu schwitzen und waren nach $1^1/_2$ Stunden mit Ausnahme einer grössern Stelle ganz nass. Später blieben nur einzelne Punkte, namentlich solche,

wo die Oberfläche etwas schadhaft war, und ebenso die Anheftungsstelle benetzt. Am andern Morgen, nachdem die beiden Knollen 12 Stunden in dem geheizten Zimmer gelegen hatten, zeigte sich die Schale derselben ziemlich trocken. Mit dem Beginne des Schwitzens fingen sie an schlaff zu werden.

Die Gewichtsabnahme verhielt sich folgendermassen:

	Gesammt-gewicht	Vegetations-wasser	Verlust in 4 Stunden	Verlust 24 Stunden
26. Febr. 10 U. Vorm.	123,83	94,66		
26. Febr. 2 U. Mitt.	122,79	93,62	1,04	
26. Febr. 6 U. Ab.	120,36	91,19	2,43	
26. Febr. 10 U. Ab.	119,16	89,99	1,20	
27. Febr.	117,05	87,88	0,53	2,11
1. März	112,76	83,59	0,36	1,43
5. „	108,84	79,67	0,24	0,98
15 „	101,26	72,09	0,19	0,76
21. „	96,75	67,58		0,75
26. „	92,96	63,79		0,76
31. „	89,10	59,93		0,77
6. April	84,59	55,42		0,75
14. „	78,42	49,25		0,77
21. „	73,51	44,34		0,70
30. „	66,94	37,77		0,73
9. Mai	60,82	31,65		0,68
16. „	56,23	27,06		0,66
22. „	52,33	23,16		0,65
30. „	47,27	18,10		0,63
10. Juni	41,23	12,06		0,55
16. „	38,46	9,29		0.46
24. „	35,33	6,16		0,39
2. Juli	32,80	3,63		0,32
10. „	31,06	1,89		0,22
26. „	29,59	0		0,09

Die beiden Knollen waren lufttrocken.

Die zwei ungeschälten Kartoffeln, welche nicht dem Froste ausgesetzt wurden (l, m), wogen, als sie am 26. Februar mit den übrigen ins Zimmer gebracht wurden, 123,50 Grm. Sie zeigten folgende Gewichtsabnahme:

	Gesammt-gewicht	Abnahme in 24 Stunden
26. Febr. 10 U. Vorm.	123,50	
1. März 10 U. Ab.	121,86	0,36
9. März	120,51	0,17
21. „	118,66	0,15
6. April	116,21	0,15
21. „	113,78	0,16
9. Mai	110,56	0,18
22. „	107,82	0,21
10. Juni	102,53	0,28
2. Juli	96,00	0,30
24. „	87,21	0,40
28. Aug.	73,54	0,39
18. Oct.	56,93	0,33
8. Nov.	50,48	0,31
2. Feb. 1861	28,91	0,25

Der Versuch wurde am 2. Februar 1861 abgebrochen und die beiden Kartoffeln (l, m) während einiger Tage bei 100° getrocknet, bis sie wasserfrei waren. Sie wogen nun 21,13 Grm und hatten somit noch 7,78 Grm. Wasser verloren. Am 26. Febr. 1860, als der Versuch begann, hatten sie 17,11% Substanz und 82,89% Wasser enthalten. — Die gefrornen ungeschälten und geschälten Kartoffeln des zweiten Versuches wurden ebenfalls bei 100° vollständig getrocknet. Die ersteren (i, k) wogen lufttrocken 29,17 Grm., im wasserfreien Zustande 24,40 Grm. Sie hatten demnach am 26. Febr. 1860 19,70 % Substanz und 80,30 % Wasser enthalten; davon verdunsteten sie 76,44 in gewöhnlicher Luft und die letzten 3,85 bei 100°. Die

ganze übrige Substanz war runzelig und weich, nur um die treibenden seitlichen Knospen herum befanden sich kleine glattere und festere Stellen. Das Einschrumpfen beginnt also am Grunde der Kartoffel und schreitet nach dem Scheitel hin fort. Die Substanz enthält in jedem Augenblick um so mehr Wasser, je mehr die untersuchte Stelle von der Basis entfernt ist. Ueberdem ist die Masse, welche die in Entwickluug begriffenen Knospen zunächst umgibt, wasserreicher als die übrige in gleicher Höhe gelegene Substanz; und zwar um so mehr, je stärker die Knospe treibt. Zuletzt, wenn schon der ganze Knollen runzelig und fast trocken geworden ist, besitzt der Endtrieb noch eine feste mit Wasser durchdrungene Substanz und eine glatte Oberfläche.

Diese Erscheinung kann nicht so gedeutet werden, dass man sagt, die Verdunstung beginne am Grunde der Kartoffel und schreite nach dem Scheitel hin fort. Diess würde wohl hinreichen um zu erklären, warum die Knollen zuerst unten schlaff werden. Aber einerseits ist kein Grund vorhanden, warum die Verdunstung nicht an der ganzen Oberfläche gleichzeitig beginnen und gleich stark sein sollte. Anderseits wachsen die Kartoffeln oben in verhältnissmässig starke Triebe aus, die viel Wasser bedürfen; trotzdem schrumpft die Stelle, auf welcher die Triebe stehen, und welcher das Wasser entzogen wird, nicht ein, sondern sie behält ihren Wasserreichthum. Es folgt daraus, dass in den Kartoffeln, denen alle Zufuhr von Wasser von aussen her abgeschnitten wird und welche ihre Feuchtigkeit durch Verdunstung verlieren, eine sehr beträchtliche Saftströmung stattfindet, deren wesentlichster Character darin besteht, dass sie von unten nach oben geht, und dass sie die Knospen aufsucht und deren Entwicklung ermöglicht.

Diese Saftströmung erklärt vollständig die Erscheinungen, welche die Kartoffeln darbieten, namentlich auch die ungleiche Entwickelung der Keime. Damit eine Knospe sich entwickele, muss sie mit einem turgescirenden Gewebe, (d. h. mit einem

solchen, dessen Zellflüssigkeit eine Spannung zeigt, die den Druck einer Atmosphäre übertrifft) in Verbindung stehen. Nur ein solches Gewebe kann Flüssigkeit für einen wachsenden Pflanzentheil abgeben, und nur wenn es durch Wasser, das von einer andern Seite zuströmt, fortwährend in Turgescenz erhalten wird, kann es das Wachsthum des mit ihm verbundenen Pflanzentheils dauernd unterhalten. Wenn die Kartoffel in der feuchten Erde liegt oder wenn sie überhaupt mit Wasser in Berührung ist und daraus nach Belieben aufnehmen kann, so bleibt ihr ganzes Gewebe im Zustande der Turgescenz und es entwickeln sich alle Knospen. Liegt sie aber trocken, so verliert sie, ehe die Augen zu treiben anfangen, eine ziemliche Menge von Wasser. Wenn die Säfte in ihrem Innern keine bestimmte Bewegung zeigten und somit überall in gleicher Menge vertheilt wären, so würde kein einziges Auge sich entwickeln, weil das benachbarte schlaffe Gewebe kein Wasser für dasselbe abgeben könnte. Da aber eine Strömung nach oben statt hat, so befindet sich nur die obere Hälfte in turgescirendem Zustande und nur sie fängt an ihre Knospen zu entwickeln. Von denselben hören je die untersten auf zu wachsen, weil die Verdunstung und die Saftströmung das ihnen nothwendige Wasser entführen.

Der dritte Versuch wurde mit Aepfeln angestellt. Am 23. Februar wählte ich 9 Aepfel der nämlichen Sorte so aus, dass nachdem 3 davon geschält waren, die 3 Gruppen von je 3 Stück (a b c, d e f und g h i) einander in Form, Grösse und Gewicht möglichst gleich waren. Die 3 geschälten (a, b, c) und 3 ungeschälten (d, e, f) wurden dem Froste ausgesetzt, die 3 andern (g, h, i) frostfrei aufgehoben. Am folgenden Tag brachte ich sie alle ins geheizte Zimmer und legte sie neben einander auf einige Bogen Fliesspapier. Nach 4 Stunden hatten sie die Zimmertemperatur angenommen. Die gefrorenen ungeschälten Aepfel blieben nach dem Auffrieren fest; sie fingen auch nicht an zu schwitzen und zeigten überhaupt im Ansehen und in der

Consistenz keine Verschiedenheit von denen, welche nicht dem Frost ausgesetzt worden waren. Dagegen netzte sich das Fliesspapier unter den geschälten Aepfeln am ersten Tag und blieb am folgenden Tag noch feucht.

Die geschälten Aepfel (a, b, c) wogen am 23. Februar, ehe sie gefroren, 141,87 Grm. Nachdem sie 11 Stunden im Frost gelegen hatten, betrug das Gewicht 137,79 Grm; sie hatten somit 4,08 Grm. Wasser verloren. Die fernere Abnahme zeigte in den ersten Tagen folgende Verhältnisse:

	Gesammtgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 4 Stunden	Verlust in 12 Stunden
24. Febr. 10 U. Morg.	137,79	113,74	2,98	
„ 2 U. Mit.	134,81	110,76	4,16	
„ 6 U. Ab.	130,65	106,60	3,12	
„ 10 U. Ab.	127,53	103,48	2,94	8,82
25. Febr. 10 U. Morg.	118,71	94,66		8,56
„ 10 U. Ab.	110,15	86,10		6,98
26. Febr. 10 U. Morg.	103,17	79,12		6,24
„ 10 U. Ab.	96,93	72,88		5,07
27. Febr. 10 U. Morg.	91,86	67,81		4,82
„ 10 U. Ab.	87,04	62,99		4,47
28. Febr. 10 U. Morg.	82,57	58,52		4,56
„ 10 U. Ab.	78,01	53,96		3,87
29. Febr. 10 U. Ab.	70,26	46,21		

Während der ganzen Zeit verhielt sich die Abnahme folgendermassen:

	Gesammt-gewicht	Vegetations wasser	Verlust in 24 Stunden
24. Febr. Ab.	127,53	103,48	
25. „	110,15	86,10	17,38
26. „	96,93	72,88	13,22
27. „	87,04	62,99	9,89
28. „	78,01	53,96	9,03
29. „	70,26	46,21	7,75
1. März	63,28	39,23	6,98
2. „	56,92	32,87	6,36
3. „	51,12	27,07	5,80
4. „	46,05	22,00	5,07
5. „	41,67	17,62	4,38
6. „	38,04	13,99	3,63
7. „	34,95	10,90	3,09
8. „	32,74	8,69	2,21
10. „	29,46	5,41	1,64
12. „	27,68	3,63	0,89
15. „	26,43	2,38	0,42
21. „	25,36	1,31	0,18
31. „	24,65	0,60	0,07
14. April	24,05	0	0,04

Die geschälten Aepfel waren nun lufttrocken. Als Vegetationswasser wurde auch hier diejenige Menge angenommen, welche durch Verdunstung in gewöhnlicher Luft entzogen wird.

Die 3 ungeschälten gefrorenen Aepfel (d, e, f) hatten am 24. Februar Abends, nachdem sie im geheizten Zimmer aufgefroren waren, ein Gewicht von 141,15 Grm. Ihr Verlust bis zum 14. April war folgender:

	Gesammt-gewicht	Vegetations-wasser	Verlust in 24 Stunden
24. Februar	141,15	116	
29. „	139,13	113,98	0,40
6. März	136,83	111,68	0,38
12. „	134,27	109.12	0,43
21. „	130,25	105,10	0,45
31. „	125,48	100,33	0,48
6. April	122,23	97,08	0,54
14. „	117,40	92,25	0,60

Schon am 7. März fing einer der Aepfel (f) an, stellenweise in Fäulniss überzugehen; am 26. März war er ganz faul. Auch die andern beiden zeigten bald die gleichen Erscheinungen. Am 14. April war ein zweiter (d) ebenfalls ganz faul und wurde, indem er in Folge eines Druckes zerplatzte, für weitere Beobachtungen unbrauchbar. An den andern blieb die Epidermis auch während der Fäulniss ganz unversehrt. — Das Vegetationswasser wurde aus dem Ergebniss der geschälten Aepfel interpolirt.

Die beiden am 12. März noch gesunden Aepfel (d, e) zeigten bis zum 14. April folgende Abnahme:

	Gesammt-gewicht	Vegetations-wasser	Verlust in 24 Stunden
12. März	87,48	71,09	
14. April	77,93	61,54	0,29

Der am 7. März zu faulen anfangende Apfel (f) und der eine der beiden andern, der erst etwas später anfaulte (e), verhielten sich folgendermassen:

	f			e	
	Gesammt-gewicht	Vegeta-tionswasser	Verlust in 24 Stunden	Gesammt-gewicht	Verlust in 24 St.
12. März	46,79	38,03			
14. April	39,47	30,71	0,22		
21. „	36,68	27,92	0,40	37,92	
30. „	31,97	23,21	0,52	36,18	0,18
9. Mai	27,14	18,38	0,54	34,27	0,21
16. „	22,58	13,82	0,65	33,64	0,23
22. „	18,91	10,15	0,61	32,12	0,25
30. „	14,84	6,08	0,51	29,85	0,28
5. Juni	12,27	3,51	0,43	28,03	0,30
16. „	9,32	0,56	0,27	24,48	0,32
24. „	8,13	— 0,63	0,15	21,53	0,37

Die Wägungen wurden später nicht genau fortgeführt. Ueber das fernere Verhalten kann ich nur beifügen, dass e noch lange an Gewicht abnahm, dass dabei aber der tägliche Verlust, welcher sich bis dahin gesteigert hatte, allmählich wieder abnahm. f war am 24. Juni beinahe lufttrocken. Das Vegetationswasser desselben, welches aus dem Ergebniss der geschälten Aepfel berechnet worden war, erscheint am 24. Juni als negative Grösse, d. h. der Apfel hatte bis dahin 0,63 Grm. mehr als sein Vegetationswasser verloren. Diess rührt von der Fäulniss her. Da dieselbe einen Theil der organischen Substanz zerstört, so sind die faulen Aepfel, nachdem sie lufttrocken geworden, leichter als die nicht gefaulten.

Die drei ungeschälten nicht gefrornen Aepfel (g, h, i) wogen am 24. Februar Abends, nachdem sie 12 Stunden vorher in das geheizte Zimmer gebracht worden waren 140,57 Grm. Ihre Gewichtsabnahme war folgende:

	Gesammtgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 24 Stunden
24. Februar	140,57	115,50	0,40
29. „	138,55	113,48	0,39
6. März	136,23	111,16	0,36
12. „	134,05	108,98	0,39
21. „	130,52	105,45	0,47
31. „	125,85	100,78	0,53
6. April	122,66	97,59	0,62
14. „	117,67	92,60	0,81
21. „	111,98	86,91	1,31
30. „	100,23	75,16	1,56
9. Mai	86,14	61,07	1,42
16. „	76,23	51,16	

Das Vegetationswasser ist auch hier nach Analogie der geschälten Aepfel berechnet. — Einer der 3 Aepfel (g) fing schon am 8. März zu faulen an und war am 21. März ganz faul. Die andern beiden blieben etwas länger gesund; sie waren indess am 9. Mai ebenfalls gänzlich in Fäulniss übergegangen. Ihre Gewichtsverluste zeigten folgende Verhältnisse:

	g		h, i	
	Gesammtgewicht	Verlust in 24 Stunden	Gesammtgewicht	Verlust in 24 Stunden
8. März	42.40	0,12	93.07	0,24
12. „	41.93	0,14	92,12	0,25
21. „	40.67	0,19	89.85	0,27
31. „	38,74	0,25	87,11	0,28
6. April	37,22	0,34	85,44	0,28
14. „	34,50	0,51	83,17	0,30
21. „	30.93	0.95	81,05	0,36
30. „	22,41	1,05	77,82	0,52
9. Mai	12,96	0,50	73,18	0,92
16. „	9,48	0,27	66,75	1, 5
22. „	7,83	0,04	59,87	1,47
30. „	7,48		48,13	1,18
5. Juni			41,06	0,98
16. „			30,25	0,61
24. „			25,36	

Der Apfel g war am 30. Mai lufttrocken. Das Gewicht der beiden andern (h, i) verminderte sich nach dem 24. Juni noch mehr als einen Monat lang, wobei der tägliche Verlust immer mehr abnahm.

Aus den vorstehenden Beobachtungen ergeben sich folgende Resultate.

1. Ein Gewebe, welches durch den Frost nicht getödtet wird, verhält sich, nachdem es gefroren war, mit Rücksicht auf Verdunstung genau wie ein gleiches Gewebe, das nicht dem Froste ausgesetzt war. Gefrorne und nicht gefrorne Aepfel bedurften der nämlichen Zeit zum Austrocknen. Die ungeschälten gefrorenen Aepfel verdunsteten in den ersten 11 Tagen, auf ein Gesammtgewicht von 141,15 Grm., 4,32 Grm. oder 3,06%; die nicht gefrorenen, auf ein Gesammtgewicht von 140,57 Grm., 4,34 Grm. oder 3,09 %. Die ungeschälten gefrorenen Aepfel zeigten in den ersten 50 Tagen (24. Februar — 14 April) auf ein Gesammtgewicht von 141,15 Grm. eine Abnahme von 23,75 Grm. oder 16,83 %; die nicht gefrorenen auf ein Gesammtgewicht von 140,57 Grm. eine Abnahme von 22,90 Grm. oder von 16,29 %. Die fast unmerklichen Verschiedenheiten rühren daher, dass die einzelnen Aepfel nicht zu gleicher Zeit anfingen in Fäulniss überzugehen.

Das durch den Frost getödtete Gewebe verdunstet unter übrigens gleichen Umständen rascher als das lebende. Beim ersten Versuch wurden gefrorne Kartoffeln (c, d) in 117 Tagen (17 Febr. — 13. Juni) lufttrocken; nicht gefrorene (e, f) bedurften dazu 330 Tage (17. Februar 1860 — 12 Jan. 1861), also beinahe 3mal so viel Zeit. Beim zweiten Versuch wurden gefrorene Kartoffeln (i, k) in 155 Tagen (26. Febr. — 30. Juli) lufttrocken; die nicht gefrorenen (l, m) befanden sich nach 342 Tagen (26. Februar 1860 — 2. Februar 1861) noch nicht in diesem Zustande. Sie enthielten noch etwa 4 Grm. in gewöhnlicher Luft abgebbares Wasser und hätten um lufttrocken zu werden noch ungefähr 65 Tage bedurft, also im Ganzen 407

	Gesammtgewicht	Vegetationswasser	Verlust in 24 Stunden
24. Februar	140.57	115.50	
29. „	138.55	113.48	0.40
6. März	136.23	111.16	0.39
12. „	134.05	108.98	0.36
21. „	130.52	105.45	0.39
31. „	125.85	100.78	0.47
6. April	122.66	97.59	0.53
14. „	117.67	92.60	0.62
21. „	111.98	86.91	0.81
30. „	100.23	75.16	1.31
9. Mai	86.14	61.07	1.56
16. „	76,23	51,16	1.42

Das Vegetationswasser ist auch hier nach Analogie der geschälten Aepfel berechnet. — Einer der 3 Aepfel (g) fing schon am 8. März zu faulen an und war am 21. März ganz faul. Die andern beiden blieben etwas länger gesund; sie waren indess am 9. Mai ebenfalls gänzlich in Fäulniss übergegangen. Ihre Gewichtsverluste zeigten folgende Verhältnisse:

	g		h, i	
	Gesammtgewicht	Verlust in 24 Stunden	Gesammtgewicht	Verlust in 24 Stunden
8. März	42,40		93,07	
12. „	41,93	0.12	92,12	0,24
21. „	40.67	0.14	89.85	0,25
31. „	38.74	0,19	87.11	0.27
6. April	37,22	0,25	85,44	0,28
14. „	34,50	0.34	83,17	0,28
21. „	30.93	0,51	81,05	0,30
30. „	22,41	0.95	77,82	0,36
9. Mai	12,96	1,05	73,18	0,52
16. „	9,48	0,50	66,75	0,92
22. „	7,83	0,27	59,87	1, 5
30. „	7,48	0,04	48,13	1,47
5. Juni			41,06	1,18
16. „			30,25	0,98
24. „			25,36	0,61

durch ihn getödtet werden, ist die nämliche, welche überhaupt auf äussere, dem Leben nachtheilige mechanische oder chemische Einflüsse erfolgt. Die Zellen verlieren die dem lebenskräftigen Zustande eigenthümliche Resistenz gegen die Exosmose der Zellflüssigkeit. Schon im Moment des Auffrierens ist die Turgescenz der Zellen verschwunden, und die Verdunstung erfolgt sodann, wie durch eine todte Membran.

2. Das durch Frost getödtete Gewebe, welches mit einer aus Korksubstanz bestehenden Membran umgeben ist, verdunstet langsamer als das nämliche todte Gewebe, welches von dieser Haut entblösst wurde. Beim ersten Versuch wurden die gefrornen ungeschälten Kartoffeln (c, d) in 117 Tagen (17. Febr. — 13. Juni), die gefrornen geschälten (a, b) in 27 Tagen (17. Februar — 15. März), also in weniger als dem 4. Theil jener Zeit lufttrocken. Beim zweiten Versuch hatten die gefrorenen ungeschälten Kartoffeln (i, k) 155 Tage (26. Februar — 30 Juli), die gefrorenen geschälten (g, h) 34 Tage (26. Februar — 31 März) also $^2/_9$ jener Zeit nöthig, um auszutrocknen. — Beim ersten Versuch verloren die geschälten Kartoffeln (a, b) auf ein Gesammtgewicht von 74,57 Grm in den ersten 8 Tagen (vom 17.—25. Februar) 45,28 Grm., also 60,72 %; die ungeschälten (c, d) verloren auf ein Gesammtgewicht von 86,06 Grm. während der gleichen Zeit 5 25 Grm., somit 6,10 %, d. h. 10mal weniger als jene. Beim zweiten Versuch betrug die Gewichtsabnahme der geschälten Kartoffeln (g, h) auf ein Gesammtgewicht von 100,48 Grm. während 8 Tagen (26. Febr. Abends bis 5. März) 63,27 Grm. oder 62,97 %; die Abnahme der ungeschälten (i, k) war auf ein Gesammtgewicht von 119,16 Grm. in der gleichen Zeit 10,32 Grm. oder 8,66 %, d. h. mehr als 6mal geringer.

Ein lebendes Gewebe, welches durch eine aus Korksubstanz bestehende Haut geschützt ist, verdunstet weniger, als wenn ihm dieselbe mangelt. Die geschälten Aepfel wurden in 50 Tagen (24. Februar — 14 April) lufttrocken, die ungeschälten bedurften dazu im Mittel 121 Tage (24. Febr. — 24.

Juni), also fast $2^1/_2$ mal so viel Zeit. — Die geschälten Aepfel verloren auf ein Gesammtgewicht von 137,79 Grm. während $11^1/_2$ Tagen (vom 24. Februar Morgens bis 6. März Abends) 99,75 Grm., also 72,39 %; die ungeschälten gefrorenen und nicht gefrorenen verdunsteten in der gleichen Zeit bloss den 44. Theil, nämlich die erstern auf ein Gesammtgewicht von 141,35 Grm., 4,52 Grm. oder 3,20 % die letztern auf ein Gesammtgewicht von 140,77 Grm. 4,54 Grm. oder 3,22 %.

Das ist weiter nichts als eine Bestätigung des bekannten Satzes, dass die Korksubstanz die Verdunstung verlangsamt. Die gefundenen Verhältnisse dürfen in keiner Weise urgirt werden, da sie nicht bloss durch die Differenz der Cuticula- und Peridermhäute gegenüber den gewöhnlichen Zellmembranen, sondern noch durch andere Ursachen bedingt werden. Aus den geschälten (sowohl durch den Frost getödteten als unversehrten) Pflanzentheilen tritt nämlich, besonders im Anfange, tropfbar flüssiges Wasser aus, was ohne Zweifel eine Folge des Druckes der elastischen Zellmembranen ist. Derselbe kann, auch wenn keine wahrnehmbaren Mengen von Wasser mehr ausfliessen, doch die Verdunstung befördern. Das Entblössen lebender Gewebe von Cuticula oder Periderm beraubt dieselben nämlich nicht bloss des Schutzes, sondern führt ohne allen Zweifel auch sonst noch eine geringe krankhafte Veränderung herbei, so dass sie nicht mehr die gleiche Resistenz gegen die Exosmose von Zellflüssigkeit besitzen wie früher.

3. Bei den lebenden wie bei den todten Geweben nimmt die Menge des verdunsteten Wassers von Tag zu Tag ab, bis sie lufttrocken geworden sind, vorausgesetzt, dass die äussern Verhältnisse, welche auf die Verdunstung Einfluss haben, die nämlichen bleiben. Ein Blick auf die Tabellen zeigt diess deutlich. Die Gewichtsabnahme der gefrorenen geschälten Kartoffeln des ersten Versuchs (a, b pag. 31) beträgt zuerst 12,07 Grm., zuletzt 0,07 Grm. in 24 Stunden, beim zweiten Versuch (g, h pag. 35) anfangs 15,62 Grm., zuletzt 0,13 Grm. Die 2 gefrorenen ungeschälten Kartoffeln des ersten Versuches (c, d

pag. 32) verloren zuerst 1,10 Grm. dann 0,53 Grm. täglich; eine davon (pag. 33) verdunstete in der Folge zuerst 0,26 Grm. zuletzt 0,10 Grm.; die Ursache einer zeitweise gesteigerten Gewichtsabnahme wurde oben bereits angegeben. Bei den gefrorenen ungeschälten Kartoffeln des zweiten Versuchs (i, k pag. 36) betrug der Verlust anfänglich 2,11 Grm., zuletzt 0,09 Grm. in 24 Stunden. Die 3 geschälten Aepfel (pag. 43) verloren am ersten Tag 17,38 Grm., in den letzten Tagen je 0,04 Grm.

Diese stetige Abnahme des täglichen Verlustes kann durch andere Verhältnisse gestört werden. Bei den ungeschälten Aepfeln steigerte sie sich zuerst, um zuletzt wieder abzunehmen. Die 3 gefrorenen Aepfel (d, e, f, pag. 44) begannen mit einem täglichen Verlust von 0,40 Grm., welcher in 50 Tagen auf 0,60 Grm. stieg. Bei einem derselben (f, pag. 45) nahm der tägliche Verlust bis zum 16. Mai zu, dann wieder ab; bei einem andern (e, pag. 45) vermehrte er sich bis zum 24. Juni fortwährend. Die 3 nicht gefrornen Aepfel (g, h, i, pag. 46) verloren anfänglich 0,36 — 0,40 Grm. täglich; die Gewichtsabnahme steigerte sich bis zum 9. und 16. Mai, zu welcher Zeit sie 1,56 und 1,42 Grm. betrug. Bei dem einen Apfel (g, pag. 46) vermehrte sich der tägliche Verlust bis zum 9. Mai, bei den beiden andern (h, i, pag. 46) bis zum 30. Mai, um dann ziemlich rasch abzunehmen. Diese ausnahmsweise Erscheinung rührt daher, dass die Aepfel bald zu faulen anfangen. So lange sie frisch sind, nimmt der tägliche Verlust stetig ab. Mit der eintretenden Fäulniss verlieren die krankhaften und absterbenden Zellen ihre Resistenz gegen die Exosmose. Der tägliche Verlust steigert sich desswegen, bis das ganze Gewebe in Fäulniss übergegangen ist; nachher findet eine Verminderung desselben statt.

Auch die Verdunstung der nicht gefrorenen Kartoffeln bot eine ähnliche Ausnahme von der Regel dar, insofern nach einiger Zeit eine Steigerung und zuletzt wieder eine Abnahme derselben eintrat. Bei den beiden Kartoffeln des ersten Versuches

(e, f, pag. 34) schwankte zuerst der tägliche Verlust; dann vermehrte er sich bis gegen Ende Mai und verminderte sich von da an langsam. Bei den beiden Kartoffeln des zweiten Versuches (l, m, pag. 37) trat zuerst eine Abnahme der Verdunstung ein, dann eine Zunahme bis gegen Ende Juli, und zuletzt wieder eine Abnahme. Die Störung wird durch das Keimen verursacht. Die sich entwickelnden Knospen vermehren nicht bloss überhaupt die Oberfläche der Kartoffeln, sondern ihre Stengel und kleinen Blätter verdunsten auf der Flächeneinheit viel mehr, als die mit dicker Peridermhaut versehenen Knollen.

Um das Verdunsten der Gewebe mit demjenigen einer freien Wasseroberfläche zu vergleichen, wurden während der ganzen Dauer der Versuche zwei neben den Aepfeln und Kartoffeln befindliche Gefässe mit Wasser ebenfalls immer gewogen. Die Schwierigkeit besteht in der Bestimmung der Oberfläche der Pflanzentheile. Für die Kartoffeln wendete ich folgendes Verfahren an. Es wurden die 3 Durchmesser und die denselben entsprechenden Umfänge gemessen, und darauf zwei Rotationsellipsoide berechnet, beide von gleicher Länge wie die Kartoffel, das eine mit gleichem Kubikinhalt wie dieselbe (der durch ihr Gewicht ganz genau gegeben war), das andere mit einem Querdurchmesser, welcher dem grössern Breitendurchmesser der Kartoffel entsprach. Von diesen beiden Rotationsellipsoiden war das erstere ein eingeschriebenes, das zweite ein umschriebenes; jenes hatte offenbar eine kleinere, dieses eine wenig grössere Oberfläche als die Kartoffel, wenn die Unebenheiten der letztern als die Oberfläche vergrössernd in Anschlag gebracht werden.

Die Oberfläche der beiden nicht gefrorenen Kartoffeln des ersten Versuchs (e, f) betrug 13,054 — 15,458 □ C. M. Vom 17. Februar bis 15. März (in 27 Tagen) wurden von denselben 6,22 Grm. Wasser verdunstet, was auf 1 □ C. M. 0,476 — 0,402 Grm. ergiebt. 1 □ C. M. freier Wasseroberfläche verdunstete in der gleichen Zeit 17,85 Grm., also 37—44mal mehr. — Die Oberfläche der beiden nicht gefrorenen Kartoffeln des zwei-

ten Versuchs war 15,930 — 18,526 □ C. M. Dieselben verloren vom 26. Febr. — 6 April (in 40½ Tagen) 26,12 Grm., was auf 1 □ C. M. 0,458 — 0,393 Grm. beträgt. Während dieser Zeit verdunstete 1 □ C. M. freier Wasseroberfläche 26,12 Grm., also 57—66 mal mehr. — Es dürfte der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen, wenn man annimmt, die Flächeneinheit der Kartoffeln habe im erstern Falle 42, im zweiten 63mal weniger verdunstet als das freie Wasser.

An den Aepfeln wurden ebenfalls die Durchmesser und die Umfänge gemessen. Es hätten auch hier 2 Rotationsellipsoide von ungleicher Achse berechnet werden können, von denen das eine sicher eine kleinere, das andere eine grössere Oberfläche gehabt hätte. Bei der regelmässigen fast kugeligen Gestalt der Aepfel war diess nicht nöthig; ein Rotationsellipsoid mit dem Umfange des Apfels am Aequator und einer etwas längern Axe (um die Depressionen an den beiden Polen auszugleichen) musste nahezu die gleiche Oberfläche zeigen. Die 3 gefrorenen nicht geschälten Aepfel hatten zusammen eine Oberfläche von ungefähr 21,974 □ C. M., die nicht gefrorenen ungefähr 21,753 □ C. M. Vom 24. Februar bis 12. März (in 17 Tagen) verloren jene 6,88 Grm., diese 6,52 Grm. Wasser; bei jenen betrug die Verdunstung auf 1 □ C. M. 0,313, bei diesen 0,300 Grm. In der gleichen Zeit verdunstete 1 □ C. M. freier Wasseroberfläche 11,05 Grm., also 35—37 mal mehr.

4. In den austrocknenden Kartoffeln gibt es eine Bewegung des Saftes, welche von keinen äussern Ursachen bedingt wird. Das Wasser strömt in der Richtung von unten nach oben, so dass das Gewebe am Grunde vertrocknet, während es am Scheitel noch frisch und saftig ist. Man hat das Saftsteigen in den Pflanzen durch zwei Kräfte erklären wollen, durch die Verdunstung der Blätter und durch die Anziehung der Wurzeln. Für manche Erscheinungen reichen diese Kräfte nicht aus, oder sind überhaupt nicht vorhanden. In dem vorliegenden Falle mangeln die Wurzeln und die Blätter; und wenn auch die Triebe bald sich zu entwickeln beginnen, und durch dieselben eine ra-

schere Verdunstung eintritt, so kann dieselbe die beobachtete Thatsache nicht im Entferntesten veranlassen. Denn ein grösserer localer Wasserverlust könnte eine Strömung der Wassertheilchen nur bis zu dem Grade hervorrufen, dass eine gleichmässige Vertheilung derselben in der ganzen Masse stattfände; er könnte aber nicht alles Wasser an die Verdunstungsstelle hinziehen und daselbst anhäufen.

Die Bewegung der Flüssigkeit in der austrocknenden Kartoffel wird daher durch innerliche Kräfte bewirkt; wie wir diess auch weitaus zum grössten Theil für das Saftsteigen in den Bäumen annehmen müssen (vgl. Pflanzenphysiologische Untersuchungen I. pag. 26). Welcher Natur diese Kräfte sind, ist noch unbekannt. — Uebrigens ist die beobachtete Erscheinung nicht neu; es ist längst bekannt, dass Sprosse von sogenannten Fettpflanzen, wenn sie trocken liegen, an der Spitze fortwachsen und neue Blätter bilden können, indess sie am Grunde vertrocknen und absterben. Allein diese Thatsache, deren Bedeutung für die Lehre von der Säftebewegung unbeachtet blieb stellt sich bei der Kartoffel viel einfacher und anschaulicher dar und weist viel deutlicher auf die dabei stattfindenden innerlichen Vorgänge hin.

---

3) Ueber die Wirkung des Frostes auf die Pflanzenzellen.

Vorgetragen den 9. Februar 1861.

Die vorstehenden Untersuchungen veranlassen mich zu einer Bemerkung über den Einfluss, den niedere Temperaturgrade auf die Zellen haben. Es sind zwei Fragen, über welche die Botaniker noch ungleicher Meinung sind: 1) Gibt es Zellen, deren Säfte ohne Gefahr für ihre Lebensfähigkeit gefrieren können? 2) Welche Veränderungen bewirkt der Frost in der Membran und im Inhalt?

Die erste Frage kann zwar durch die Erfahrungen und Beobachtungen von Linné, Duhamel, Dupetit-Thouars, Schübler, Treviranus, Göppert u. A. als erledigt betrachtet werden, in dem Sinne, dass viele Pflanzengewebe gefrieren können ohne zu leiden, dass andere dagegen dadurch getödtet werden. Ich würde sie auch gar nicht berühren, wenn nicht neuerdings wieder zweifelnde Stimmen sich erhoben hätten, während andere Pflanzenphysiologen von der Wirkung der Kälte gar nicht sprechen. Reum (Pflanzenphysiologie p. 168) von der theoretischen Hypothese ausgehend, dass beim Gefrieren das Pflanzenleben durch die elementaren Kräfte nothwendig vernichtet werde,

spricht die unhaltbare und nicht bewiesene Behauptung aus, nur die erfrorenen Pflanzentheile seien wirklich gefroren gewesen, die den Frost überdauernden dagegen hätten sich nur in einem erstarrten Zustande befunden, in welchem die Säfte sehr stark contrahirt und die Gewebe sehr zerbrechlich waren. Auch Schacht (Anat. und Phys. II, 528) glaubt, dass die Eisbildung der Säfte unfehlbar ein Absterben der erfrorenen Zellen zur Folge habe, und dass in den ausdauernden Pflanzentheilen die lebenskräftigen Gewebe durch die abgestorbene Rinde vor dem Gefrieren geschützt werden, welche ein schlechter Wärmeleiter sei. Die zahlreichen von frühern Beobachtern angeführten Thatsachen werden von ihm weder erwähnt noch widerlegt.

Es gibt zwei Gründe, welche beweisen, dass viele den Winter über ausdauernde Pflanzentheile wirklich gefrieren. Der eine besteht darin, dass dieselben Verhältnissen ausgesetzt sind, welche diese Wirkung mit physikalischer Nothwendigkeit herbeiführen. Wenn auch die Baumrinde die Wärme schlecht leitet, so schützt sie doch nicht vollständig, und es müssen die Bäume und Sträucher in unsern Alpen und im hohen Norden nach wochen- und monatelanger Kälte die Lufttemperatur annehmen. Ueberdem ist ja im Innern der Baumstämme eine Kälte von — 15 und — 17° C. nachgewiesen. Die Kartoffeln, welche in den beiden vorher (p. 30, 34) beschriebenen Versuchen dem Froste ausgesetzt wurden, waren wie der Erfolg zeigte, obgleich mit einer vielschichtigen Peridermschale bedeckt, wirklich gefroren. Die den nämlichen Temperaturgraden ausgesetzten Aepfel mussten ebenfalls gefrieren, weil sie nur von einer dünnen Cuticula geschützt waren, wenn schon die Wirkungen des Frostes sich nicht einstellten. Ebenso sind die immergrünen Blätter der Nadelhölzer, der Stechpalme, des Buchsbaums durch keine Rinde geschützt; in gleicher Weise verhalten sich Moose und Flechten an Baumstämmen und Felsen. Und denkt man gar an die zahlreichen, aus einer einzigen Zelle oder aus einer einfachen Reihe von Zellen bestehenden Algen, welche in Bächen, an Brunnen, Wasserfällen, Felsen und Mauern, auf Baumrinde, selbst

auf dem ewigen Schnee leben und bloss durch eine mit Wasser getränkte Membran von höchstens $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ M. M. Dicke geschützt sind, so ist es ganz sicher, dass bei diesen Gewächsen die Zellen genau der umgebenden Temperatur folgen und somit gefrieren, obgleich bei sehr vielen ohne nachtheilige Folgen für ihr Leben. — Es versteht sich aber, dass das Festwerden der Zellflüssigkeit nicht immer schon erfolgt, wenn ihre Temperatur auf Null sinkt; sondern dass die Erstarrungspunkte, entsprechend den Concentrationsgraden, tiefer liegen. Unter welchen Bedingungen das Imbibitionswasser, welches Zellmembranen, Stärkekörner, Protoplasmakörper durchdringt und die Intermolecularräume derselben erfüllt, sich in Eis verwandle, darüber lässt sich kaum eine Vermuthung aussprechen.

Ein zweiter Grund, welcher das Gefrieren von ausdauernden Pflanzentheilen beweist, findet sich in den Erscheinungen, welche dieselben nach der Einwirkung des Frostes darbieten. Es versteht sich, dass in einem aus mikroskopischen Zellen bestehenden Gewebe weder Eiskrystalle noch Eiszapfen, von denen früher etwa gesprochen wurde, gesehen werden können. Aber die Theile werden fest, starr, brüchig und zeigen dadurch deutlich, dass ein Theil ihrer Masse in einen andern Aggregatzustand übergegangen ist; die Bruchflächen sind weisslich und etwas glänzend. Diese Veränderung ist um so grösser und bemerkbarer, je mehr Wasser sie enthalten. Allerdings wird sie in manchen Geweben mit sehr kleinen Zellen und mit wenig Zellflüssigkeit nur schwer wahrgenommen, doch gibt es genug Fälle, wo das Gefrieren unzweifelhaft ist. — Damit stimmt eine andere Erscheinung überein. Wenn man Wasser von 0 Grad und eine gleiche Menge Eis von derselben Temperatur in einen warmen Raum bringt, so erwärmt sich ersteres viel schneller als letzteres, weil das Eis beim Schmelzen eine grosse Menge latenter Wärme aufnimmt. In dem geheizten Zimmer nahmen die ungefrornen Kartoffeln viel schneller die Temperatur desselben an als die gefrornen. Die Aepfel verhielten sich in dieser Beziehung wie die Kartoffeln und dadurch allein schon zeigte

sich deutlich, dass ihr Wasser wirklich in Eis sich verwandelt haben musste. — Für manche Pflanzentheile dürfte vielleicht der einzige Weg, um auszumitteln, ob das sie durchdringende Wasser wirklich gefroren ist, der sein, dass man bestimmt, wie viel Wärme es braucht um sie in eine gewisse über Null liegende Temperatur zu versetzen.

Die zweite Frage ist die, welche Veränderungen das Gefrieren in der Membran und in dem Inhalte der Pflanzenzellen bewirke. Man hat ziemlich allgemein angenommen, dass die Membranen beim Gefrieren des Inhaltes zersprengt werden; und es lag diese Annahme nahe, weil das erstarrende Wasser dieselbe Wirkung auf Gefässe mit festen Wandungen ausübt, und weil nach dem Aufthauen eine reichliche Menge Wasser ausfliesst. Göppert indess (Ueb. Wärmeentw. i. d. Pfl. 25) kam durch zahlreiche Beobachtungen an gefrornen Pflanzentheilen zu dem Resultate, dass die Zellmembranen nicht zerrissen sind Auch Schacht sagt, man überzeuge sich leicht, dass wenigstens diejenigen Zellen gefrorner Kartoffeln, welche das Stärkemehl enthalten, nicht zersprengt seien. Ich habe gefrorne Kartoffeln und andere Pflanzentheile ebenfalls mikroskopisch untersucht und keine Risse gesehen. Allein, bei Erwägung aller Möglichkeiten, konnte ich damit die Frage doch nicht als entschieden betrachten. Die Zellen liegen in einem Gewebe und man sieht von jeder immer nur eine der 6 bis 8 Flächen deutlich; sie haben ferner einen verschiedenartigen Inhalt, welcher die genaue Untersuchung erschwert oder hindert; endlich würden die Risse der elastischen Membran nach dem Aufthauen und Ergiessen eines Theiles der Zellflüssigkeit natürlich sich wieder schliessen und beinahe oder gänzlich unsichtbar werden. Selbst wenn man eine solche Zelle völlig frei machen und nach allen Richtungen drehen könnte und wenn ihr Inhalt vollkommen durchsichtig wäre, so würde ich den anscheinenden Mangel von Rissen noch nicht für entscheidend halten.

Es schien mir daher wünschenswerth noch auf einem andern Wege Gewissheit über diese Frage zu erhalten. Ich wählte

Spirogyra, deren Zellen durch den Frost getödtet und schlaff werden, wie die Zellen der Kartoffeln und saftigen Blätter, und deren cylindrische Glieder der Beobachtung günstiger sind als Gewebezellen von körperlichen Organen. Ich liess Fäden einer der dickern Arten (Sp. orthospira Näg.) in einem Wassertropfen auf dem Objectträger gefrieren. Nach dem Aufthauen war der Primordialschlauch contrahirt und der Inhalt hatte seine regelmässige Anordnung verloren. Die Zellen hatten auch deutlich ihre Turgescenz eingebüsst und somit einen Theil der Zellflüssigkeit abgegeben. Dass die Zellen kleiner geworden seien und dass ihr Durchmesser abgenommen habe, ergab sich auch aus dem Verhalten der Querwände, welche nicht mehr gerade, sondern alle etwas hin und her gebogen waren. Von Rissen in der Membran konnte ich nichts wahrnehmen. Als ich darauf Glycerinlösung zutreten liess, so wurden alle Glieder der Fäden zusammengedrückt, wie man das an der lebenden Pflanze wahrnimmt, wenn man sie sogleich in eine concentrirtere Lösung von Zucker, Glycerin, Dextrin oder Salzen legt. Diess ist eine Wirkung der Diosmose und nur möglich, wenn die Membran eine geschlossene unverletzte Blase darstellt. Wären Risse vorhanden, so würde durch diese die Glycerinlösung eindringen; und jedenfalls könnte der hydrostatische Druck von aussen nicht einwirken und ein Zusammenpressen zur Folge haben (vgl. Pflanzenphysiol. Untersuch. I. p. 21). Durch diese Thatsache halte ich es für erwiesen, dass das Gefrieren der Zellflüssigkeit die Pflanzenzellen nicht zersprengt.

Dieses Ergebniss stimmt auch mit dem überein, was schon die aus der Physik bekannten Thatsachen erwarten lassen. Wenn Wasser von 0° in Eis übergeht, so dehnt sich sein Volumen um 0,09 bis 0,1 aus, also von 100 auf 109 bis 110. Die Oberfläche eines Quantums gefrierenden Wassers vergrössert sich demnach von 100 auf 106; und in einer gefrierenden Zelle muss sich die Membran um 0,06 oder $^1/_{17}$ ihrer Fläche ausdehnen. Dieser Ausdehnungscoeffizient vermindert sich nur wenig, wenn wir in Anschlag bringen, dass die Zellflüssigkeit

bei 20° C. ein etwas grösseres Volumen einnimmt als bei
Viel wichtiger ist der Umstand, dass die Turgescenz der Ze
geringer wird, wenn die Temperatur auf 0° sinkt, dass also
Zelle unmittelbar vor dem Gefrieren nicht mehr so viel Flüssi
keit enthält, als sie bei 20° C. enthielt; denn es ist eine allg
mein giltige Thatsache, dass eine Zelle um so mehr turgesc
je kräftiger sie vegetirt, und dass die vegetativen Processe
so schwächer werden, je mehr sich die Temperatur dem Nu
punkt nähert. Es muss also die Zellmembran beim Gefrier
ohne Zweifel sich kaum so weit ausdehnen, als im lebend
turgescirenden Zustande. Wollte man diess nicht in Ansch
bringen, so hat sie überdem so viel Elastizität, dass sie v
turgescirenden Zustande der Zelle aus sich noch um $^{1}/_{17}$ ih
ganzen Fläche oder um $^{1}/_{35}$ (0,03) in jeder Flächendimens
vergrössern kann.

Die Veränderungen, welche im Inhalte und in der Me
bran der Pflanzenzellen vor sich gehen, wenn dieselben du
den Frost getödtet werden, sind die nämlichen, welche üb
haupt beim Absterben eintreten. Der Inhalt zeigt die chara
teristischen Modificationen in der Formbildung der Plasmagebil
(Contraction des Primordialschlauches etc.) und in der Färbu
(namentlich dem Auftreten der durch die Humification beding
braunen Töne). Membran und Primordialschlauch haben and
diosmotische Eigenschaften angenommen; sie haben die ihn
früher eigenthümliche Resistenz gegen das Austreten der Ze
flüssigkeit verloren, die Ausgleichung des Zellinhaltes mit ei
umgebenden Flüssigkeit geschieht jetzt wie durch todte Me
branen. Was den letztern Punkt betrifft, so habe ich da
schon in dem vorhergehenden Artikel gesprochen.

Mit Rücksicht auf die Einwirkung des Frostes auf
Pflanzenzellen müssen wir also sagen, dass dieselben gefrier
sobald die Temperatur so tief gesunken ist, als es die in
Regel ziemlich geringe Concentration der Zellflüssigkeit verlan
Diess muss für die einigermassen exponirten Pflanzentheile (
nicht in der Erde sich befinden oder mit einer dicken Schne

lage bedeckt sind) jeden Winter bei uns eintreten. Das Gefrieren hat auf die einen Gewebe keinen nachtheiligen Einfluss, andere werden dadurch getödtet. Ob das Eine oder das Andere der Fall sei, hängt von specifischen und individuellen Verhältnissen ab. Wenn Schacht sagt, der Grund, warum der Stamm der Lerche die grösste Kälte ertrage, während die Blätter schon nach einem Nachtfroste abfallen, müsse im Rindenschutze liegen (Anat. u. Phys. II, 529), so ist diess gewiss unrichtig, denn sonst müssten alle Nadelhölzer bei uns im Winter ihr Laub abwerfen. Ferner gefrieren die Zweige der Lerche bei stärkerer Kälte eben so gut als die Nadeln bei schwächerer. Warum der Frost die Zellen der einen tödtet die der andern nicht, ist uns unbekannt. Ueberhaupt müssen oft die allergeringsten Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Gewebe hinreichen, um eine schädliche oder unschädliche Wirkung des Frostes zu bedingen. Es ist ja bekannt, dass bei vielen zärtern Sträuchern die Zweige von der Spitze an auf eine gewisse Strecke erfrieren; es kommt selbst nicht selten vor, dass das Ende und ein tieferer Theil eines Zweiges durch den Frost getödtet wird, während der mittlere unversehrt bleibt, im Frühjahr grün und frisch erscheint und erst später durch den Mangel an Nahrung zu Grunde geht, oder dass das Gewebe eines Astes auf der einen Seite erfriert, auf der andern nicht.

Wenn ein Pflanzentheil für den Frost empfindlich ist, so genügt es, dass das Wasser in demselben sich vollständig in Eis verwandle, um ihn zu tödten. Es ist gleichgiltig, ob das Gefrieren bei gelinderer oder strengerer Kälte erfolge, ob es längere Zeit andaure oder nicht. Meyen (Pflanzenphys. II, 180) behauptet zwar, dass die gefrornen Blätter sich wieder erholen, wenn der Zustand des Gefrorenseins nicht zu lange angehalten habe und nicht zu stark gewesen sei. Die Thatsache als richtig betrachtet, so ist wahrscheinlich, dass solche Blätter nicht vollständig gefroren waren. Es lässt sich z. B. denken, dass zuerst die Zellflüssigkeit gefriere, während das Imbibitionswasser des Protoplasma, des Primordialschlauches und der Zellmembran

noch flüssig bleibt. Denn es gibt zu viele Thatsachen, wel beweisen, dass wenn einmal ein Gewebe vollkommen g froren ist, es für die Wirkung ganz gleichgiltig bleibt, ob dasse nach wenigen Stunden oder nach Tagen und Wochen wie aufthaue, und ob der gefrorne Teil einer Kälte von — 2 o — 20° ausgesetzt sei.

---

4) Beitrag zur Morphologie und Systematik der Ceramiaceae.

(Hiezu eine Tafel.)

(Vorgetragen den 12. Dezember 1861.)

Unter dem Namen der Ceramieae begriff C. A. Agardh alle rothen gegliederten Algen mit äusserlicher Frucht (Spec. Alg. II, 50). J. Agardh, in Berücksichtigung der verschiedenen Fruchtbildung, schloss die mit Keimbehältern (Keramidien) versehenen Gattungen aus, und behielt als Ceramieen diejenigen mit Keimhäufchen (Favellen) begabten Florideen, welche eine „Frons tubuloso-articulata" besitzen (Alg. maris. medit. et adriat., 66 ff.) Die gleichen Pflanzen vereinigte Kützing unter dem neuen Namen Trichoblasteae mit dem Charakter „Phycoma trichomaticum saepe corticatum" (Phycol. gen. 370). Ich selber (Algensysteme 196) suchte den vegetativen Charakter der Ceramiaceen wissenschaftlich zu begründen, indem ich zeigte, dass die Achsen bei denselben aus einfachen Zellenreihen bestehen und dass ihnen ein wirkliches Gewebe mangele, indem das scheinbare Gewebe nur ein Geflecht von gegliederten Fäden (Zellenreihen) sei. Zugleich deutete ich an, dass die Ceramiaceen um einige Gattungen vermehrt werden müssten, die bis dahin wegen ihrer „Frons fibroso-cellulosa" ausgeschlossen gewesen waren. — Eine neue Wendung schien die Systematik der Ceramiaceen mit J. Agardh Species Genera et Ordines Algarum nehmen zu wollen; denn, indem derselbe zwar einerseits, meinem Vorgange folgend, einige Gattungen, die früher wegen ihrer Frons fibroso-cellulosa anderswo untergebracht gewesen waren, beifügte, trennte er anderseits zwei Gruppen wegen der abweichenden Bildung ihrer Keimfrüchte (Cystocarpien) ab, nämlich die Spyridieae und die Wrangelieae, so dass nun die Ceramieae im Anfang, die Spyridieae in der Mitte und die Wrangelieae gegen das Ende im System stehen. Ich kann hier auf das System J. Agardhs, welches sich ganz auf die Keimfrüchte stützt, im Allgemeinen nicht eintreten, und erlaube mir nur einige Bemerkungen mit Rücksicht auf die Ceramiaceen.

Der Werth eines Merkmals für die Systematik wird durch seine Constanz erprobt. Ausserdem hat es eine um so höhere systematische Bedeutung, je mehr es mit dem Habitus und der Gesammtheit der übrigen Merkmale zusammentrifft. Ein Charakter wird uns ein sehr grosses Zutrauen einflössen, wenn alle Pflanzen, bei denen er auftritt, auch in anderer Rücksicht sich als verwandt und von den übrigen verschieden erweisen. Aber wir werden ihn mit Misstrauen aufnehmen, wenn er ähnliche Gewächse trennt und ungleiche zusammenführt. Die Pflanzen, welche J. Agardh wegen abweichender Fruchtbildung in andere Regionen des Systems versetzt hat, gleichen nun den Zurückgebliebenen habituell auf's Aeusserste und sind von denselben morphologisch nicht verschieden. J. Agardh selbst bezeichnet sein Genus Callithamnion als „eximie naturale.“ In dieser so natürlichen Gattung befinden sich aber mehrere Arten (C. Turneri, Pluma etc.), welche ihre Keimfrüchte wie Wrangelia ausbilden und welche daher nach der vorgeschlagenen Neuerung von den andern Callithamnionarten weit entfernt werden müssten. Und doch gleichen sie im Zellenleben, in der Entwicklungsgeschichte und Morphologie so sehr ihren bisherigen Verwandten, dass sie im sterilen Zustande kaum unterschieden werden können [1]. Auch die zweite Art der Fruchtbildung stimmt genau überein; die Tetrasporen sind metamorphosirte Scheitelzellen. In allen diesen Merkmalen weichen sie dagegen durchaus von den Gewächsen ab, mit denen sie nun sammt Wrangelia zusammengestellt werden sollen. Dazu kommt ferner, dass die Keimfrüchte dieser Arten von Callithamnion, welche sich wie Wrangelia verhalten, in ihrer Entwicklungsgeschichte eine merkwürdige Analogie mit denen der übrigen Callithamnieen zeigen, so sehr dass man in einem Stadium, wo sie schon aus vielen Zellen bestehen,

---

(1) Während des Druckes dieses Bogens finde ich, dass Thuret bereits die gleichen Gründe mit Rücksicht auf die Griffithsien gegen das System von J. Agardh angeführt hat (Mém. de la soc. imp. d. sc. nat. de Cherbourg 1855 pag. 157).

noch die gleiche Anordnung, die gleiche Zahl und den gleichen morphologischen Werth der Zellen erkennt. Erst ziemlich später tritt eine Differenz auf, welche darin besteht, dass bei den mit Keimhäufchen (Favellen) versehenen Callithamnieen die Zellen aller Grade (also die innern und äussern Z.), bei den mit Wrangelienfrüchten aber nur die des letzten Grades (nur die an der Oberfläche befindlichen) zu Keimzellen werden. Diese Verschiedenheit ist aber, wie die Analogien anderer Florideengattungen zeigen, von keinem grossen Belange.

Ich bin daher der Ansicht, dass aus innern Gründen die Ordnung der Ceramiaceen, wie ich sie früher umgrenzte, als eine natürliche unverändert zu lassen ist, und dass sie alle diejenigen Florideen umfassen soll, die bloss aus gegliederten Fäden (Zellenreihen), es mögen dieselben frei oder in ein Geflecht zusammengelegt sein, bestehen. Die genauere Kenntniss der Keimfrüchte und die morphologische Bedeutung der Verschiedenheiten in der Ausbildung dieser Organe müssen erst noch entscheiden, ob sie innerhalb der Ceramiaceen zur Unterscheidung der Hauptgruppen zu benützen sind.

Zu diesen innern Gründen, welche sich auf die natürliche Verwandtschaft der Ceramiaceen unter einander und auf die morphologische Identität ihrer Organe stützen, kommt noch ein äusserer Grund hinzu. Die Keimfrüchte (Cystocarpien) bilden die zweite Fruchtart neben den Tetrasporen; bei den meisten Florideen sind beide gefunden; bei einzelnen mangeln die einen oder andern. Ueber die physiologische Bedeutung sind wir noch im Unklaren. Ich habe die Ansicht ausgesprochen, die Tetrasporen seien die weiblichen Fortpflanzungsorgane und sie werden von den Spermatozoen der Antheridien befruchtet; die Cystocarpien dagegen seien die geschlechtslosen Keimfrüchte. Bis jetzt finde ich keine Veranlassung diese Vermuthung aufzugeben, und bis die Beobachtung sie bestätigt oder widerlegt haben wird, ist sie aus verschiedenen Gründen die wahrscheinlichste. Abgesehen von der schlagenden Aehnlichkeit der Cystocarpien mit den Keimhäufchen und Keimbehältern der

Leber- und Laubmoose, will ich nur auf zwei Thatsachen aufmerksam machen, welche auf die Ceramiaceen Bezug haben. Die eine ist die, dass die Tetrasporen und die Antheridien die gleichen Stellungsverhältnisse zeigen und somit auch in ihrer morphologischen Bedeutung übereinstimmen, während die Keimfrüchte sich abweichend verhalten.

Die andere Thatsache betrifft die Vertheilung der drei Fortpflanzungsorgane auf die verschiedenen Individuen. Im Allgemeinen besteht Trioecie, so dass die einen Pflanzen bloss Antheridien, die andern bloss Tetrasporen, die dritten bloss Keimfrüchte tragen. Nun sind aber ausnahmsweise von Crouan frères (nach Angabe J. Agardh's) bei einer Callithamnionart Tetrasporen und Keimfrüchte, von Bornet bei Lejolisia Antheridien und Keimfrüchte und von mir selber bei Callithamnion bipinnatum Crouan und bei Herpothamnion hermaphroditum Näg. ebenfalls Antheridien und Keimfrüchte auf der nämlichen Pflanze gesehen worden. Diese merkwürdigen Beobachtungen deuten darauf hin, dass die Florideen eigentlich diöcisch und dass die Pflanzen mit Keimfrüchten in Wirklichkeit männliche und weibliche Individuen sein möchten, bei denen auf Kosten der neutralen Organe die Bildung der Sexualorgane (Antheridien und Tetrasporen) unterdrückt wurde.

Wenn meine Ansicht über die Bedeutung der Keimfrüchte richtig ist, so können sie möglicherweise bei einzelnen Florideen mangeln, während die Sporen bei allen vorkommen müssen. Man möchte vielleicht erwiedern, dass es wohl mehr Florideen gibt, bei denen die Tetrasporen, als solche bei denen die Cystocarpien unbekannt sind. Diess ist aber um so weniger entscheidend als die erstern in der Regel dem blossen Auge unsichtbar sind, die letztern dagegen leicht gesehen, gefunden und gesammelt werden. Unter den Ceramiaceen gibt es einige von sehr allgemeiner Verbreitung und gerade auch da vorkommend, wo unermüdliche Algologen an der Küste wohnen, bei denen wohl Tetrasporen, aber keine Keimfrüchte bisher gefunden wurden. Es gehören hieher z. B. die Arten von Rhodochorton

(Rh. Rothii und floridulum) und Antithamnion (A. cruciatum). Ist es aber nicht misslich, eine Pflanze nach einem Organ, das sie nicht besitzt, zu charakterisiren, im System einzuordnen und rücksichtlich ihrer natürlichen Verwandtschaft zu beurtheilen, nach einem Organ von dem man willkührlich annimmt, dass die Natur, wenn sie es bilden wollte, vielleicht es so gestalten würde? Es sprechen also auch die äussern Gründe dafür, die Ceramiaceen als Gruppe ungetrennt zu lassen und vorerst wenigstens die Keimfrüchte selbst nicht einmal zur Begründung von Unterabtheilungen zu benützen.

Die folgenden Untersuchungen beziehen sich zunächst bloss auf die alte Gattung Callithamnion und auf die Gattungen, in welche ich dieselbe getheilt habe.

Das Thallom (Frons, Laub) besteht aus verzweigten gegliederten Fäden (Zellenreihen). Bei den einen Callithamnieen kommen kriechende und aufrechte (Fig. 1), bei den andern nur aufrechte Thallomfäden vor. Im erstern Falle treten die kriechenden entweder als selbständiges, in der Regel unbegrenzt fortwachsendes und hin und wieder sich verzweigendes Gebilde, und die aufrechten als Aeste desselben auf (Herpothamnion, Rhodochorton). Oder die niederliegenden Fäden entspringen erst als Ausläufer aus dem Grunde der aufrechten, und erzeugen ihrerseits hin und wieder aufrechte Aeste (Callithamnion). Die Erscheinung, dass die Aeste zuerst horizontal fortkriechen und dann sich erheben, so dass die Verzweigung der niederliegenden Fäden sympodial wäre, wie man das bei vielen höhern Pflanzen beobachtet, scheint bei den Callithamnieen nicht vorzukommen.

Die aufrechten Strahlen (Achsen) des Thalloms sind häufig alle gleichwerthig, oder es lassen sich wenigstens keine bestimmten constant verschiedenen Kategorien unterscheiden. Grösse und Verzweigungsfähigkeit können zwar sehr ungleich sein; aber zwischen den beiden Extremen, zwischen denjenigen Strahlen, welche so lange als die Pflanze lebt, in die Länge wachsen und sich verzweigen, also unbegrenzt sind, und den-

jenigen, die nur aus wenigen Gliedern bestehen, unverzweigt sind und zu wachsen aufgehört haben, gibt es an der gleichen Pflanze alle möglichen Abstufungen (Callithamnion etc.). Bei den andern Callithamnieen hat sich die Scheidung in zwei constant verschiedene Organe bestimmt vollzogen. Die einen Strahlen (Stämmchen und Aeste) wachsen unbegrenzt in die Länge, d. h. so lange die Pflanze lebt. Die andern (Zweige [2]) sind begrenzt; sie überschreiten ein bestimmtes Maass nicht, sie haben alle ungefähr die gleiche Grösse (Antithamnion, Pterothamnion, Sphondylothamnion [3]).

Abgesehen von dieser Unterscheidung in Pflanzen, deren aufrechte Thallomstrahlen alle gleichwerthig, und in solche, bei denen sie unbegrenzte Aeste und begrenzte Zweige sind, muss man noch von den normalen Strahlen die adventiven trennen. Es können Adventiväste oder Adventivzweige sein. Sie zeichnen sich wie bei den höhern Pflanzen immer dadurch aus, dass sie an andern Stellen entspringen als die normalen, z. B. aus den Berindungsfäden oder aus dem untern Ende der Thallomglieder, während die normalen Seitenstrahlen auf dem obern Ende der letztern stehen (Arten von Callithamnion, Poecilothamnion etc.). Die Keimfrüchte sind zuweilen von Hüllzweigen umgeben, welche ihre adventive Natur dadurch kund geben, dass sie an andern Seiten der Gliederzellen entspringen, als die normalen Seitenstrahlen (Callithamnion C Pleonosporium).

Die begrenzten aufrechten Thallomstrahlen bilden ihre Spitze auf zweierlei Art aus. Bei den einen Gattungen werden die Glieder nach dem Scheitel hin kürzer und dünner; die Scheitelzelle selbst ist am kleinsten und nach oben spitz. Dabei ver-

---

(2) Ich habe sie früher Blätter genannt, weil sie morphologisch mit den Blättern der Moose identisch sind.

(3) Bei Anotrichium und Heterosphondylium fallen sie nach einer bestimmten Zeit ab, so dass die Stämmchen und Aeste unten kahl sind und nur gegen die Spitze hin wie behaart oder, insofern man von der flächenförmigen Gestalt der Blätter absieht, wie beblättert erscheinen.

dicken die Zellen ihre Wandungen ziemlich stark und stellen eine mehr oder weniger dornförmige Spitze dar (Dorythamnion, Fig. 8). Bei andern Gattungen werden die obersten Zellen der begrenzten Strahlen länger und schmäler als die übrigen und bleiben dünnwandig. Sie stellen ein endständiges Haar dar, welches von kurzer Dauer ist, indem seine Zellen sich ablösen (Poecilothamnion).

Ich habe bereits bemerkt, dass aus dem Grunde der aufrechten Thallomfäden zuweilen niederliegende entspringen, welche als Ausläufer zu bezeichnen sind. Ausserdem gibt es noch andere von den aufrechten Fäden abgehende Gebilde, welche vorzugsweise nach unten wachsen. Die einen derselben sind verzweigte Zellenreihen; sie legen sich dicht an die Thallomstrahlen an, wachsen auf denselben nach unten und bedecken sie mit einem dichten fädigen Geflecht, mit einer scheinbaren Rinde. Man hat sie aus diesem Grunde Berindungsfäden genannt; an der Basis der Pflanze bilden sie eine scheibenförmige Ausbreitung (Haftscheibe). Andere sind einfache, verlängerte Zellen, welche weder unter sich noch mit Thallomstrahlen verwachsen und sich mit einem scheibenförmig verbreiterten mehr oder weniger gelappten Ende auf fremde Körper festsetzen; es sind die eigentlichen Wurzelhaare (Herpothamnion). Andere Fäden endlich, die horizontal von den Thallomstrahlen abgehen und frei endigen, haben das Aussehen von Wurzeln, aber den Bau von Berindungsfäden und Stolonen, und dürften wohl zu den letztern zu zählen sein (Callithamnion tenuissimum, Pterothamnion etc.), ebenso gegliederte und verzweigte Fäden, welche schief nach unten wachsen und zuweilen mit ihrer Spitze auf einen Gegenstand, namentlich auf einen Ast der gleichen Pflanze sich festsetzen, ohne aber eine Haftscheibe zu bilden (Callithamnion C Pleonosporium). Wir haben somit bei den Callithamnieen drei Kategorien von vegetativen Organen: 1) aufrechte Thallomfäden, wohin die normalen und adventiven Aeste und Zweige gehören; 2) niederliegende Thallomfäden, Berindungsfäden und Stolonen; über die nahe Verwandtschaft der beiden

letztern unter einander gibt das Verhalten von Callithamnion scopulorum Aufschluss (vgl. die Gattungsbeschreibung); sie unterscheiden sich von den aufrechten Thallomfäden nicht bloss durch die verschiedene Wachsthumsrichtung, sondern auch den verschiedenen später zu betrachtenden Ursprung; 3) Wurzelhaare, welche sich durch ihren Bau (einfache Zellen mit haftscheibenartigem Ende) auszeichnen.

Alle mehrzelligen Strahlen der Callithamnieen (Thallom- und Berindungsfäden und Stolonen) wachsen ausschliesslich durch Theilung der Scheitelzelle in die Länge. Die Gliederzellen theilen sich nie. Die Wände in den Scheitelzellen sind bald horizontal (rechtwinklig zur Achse), bald mehr oder weniger schief, selbst so sehr dass sich die successiven Wände unmittelbar nach ihrem Entstehen mit den Rändern berühren können. Man beobachtet diess namentlich bei einigen Arten der Gattung Callithamnion und vorzüglich da, wo die Verzweigung alternirend rechts und links statt hat. Bei der Streckung der Gliederzellen kann sich die ursprüngliche schiefe Lage der Scheidewände mehr oder weniger verlieren.

Alle Seitenstrahlen, welche morphologische oder physiologische Bedeutung sie haben mögen, entspringen aus den Gliederzellen. Ihre erste Zelle wird dadurch gebildet, dass die Gliederzelle sich etwas nach aussen erhebt und dass ein Theil derselben an dieser Stelle durch eine schiefe oder verticale Wand abgeschnitten wird. Dieser Process bietet aber bemerkenswerthe Modificationen dar. Als Regel können wir festhalten, dass die normalen Verzweigungen eines Organs oder gleichwerthige Tochterstrahlen aus dem apikalen (dem Scheitel zugekehrten) Ende der Gliederzellen entspringen. Die Verzweigungen der aufrechten Thallomfäden (der Aeste und Zweige) stehen also auf dem obern (Fig. 6, 7, 8), die der horizontalen (kriechenden) Thallomfäden und Stolonen auf dem vordern, die der nach unten gerichteten Berindungsfäden auf dem untern Ende der Glieder. Ungleichwerthige Organe haben häufig einen andern Ursprung. Zwar stehen die begrenzten Zweige aus-

schliesslich (wie die unbegrenzten Aeste) auf dem obern Ende der Astglieder. Aber die aufrechten Thallomfäden kommen meist aus dem mittlern Theile der Glieder der kriechenden Thallomfäden (Rhodochorton, Fig. 1) und aus dem Grunde der Glieder der Stolonen (Callithamnion scopulorum). Die Adventiväste nehmen ihren Ursprung oben, oder in der Mitte, selten unten an einer Gliederzelle der Berindungsfäden; andere Adventiväste kommen aus dem Basilartheile oder der Mitte der Glieder der aufrechten Thallomfäden (beides bei Callithamnion und Poecilothamnion). Die Berindungsfäden und Stolonen entspringen an den aufrechten Thallomfäden meistens aus den Basilargliedern der Aeste, zuweilen auch aus den andern Gliedern (Letzteres z. B. bei Dorythamnion), ferner meist aus dem Basilartheile, selten aus der Mitte der Glieder (Letzteres bei Callithamnion tenuissimum) An den kriechenden Thallomfäden sind die Wurzelhaare häufiger ein Produkt des Basilartheils; sie können aber auch in der Mitte oder in der Nähe des Apikalendes der Glieder befestigt sein (Herpothamnion).

Rücksichtlich der Entwicklungsgeschichte der Systeme gleichwerthiger Strahlen, namentlich der Verzweigungen des Stengels, der Aeste und der Zweige finden wir bei den Callithamnieen drei verschiedene Fälle. Bei den einen wachsen die Mutterstrahlen wenigstens in gleichem Maasse in die Länge als ihre Tochterstrahlen, so dass sie also die letzteren in der Regel überragen, wobei sie zugleich sich durch beträchtlichere Stärke auszeichnen; die Tochterstrahlen erscheinen daher immer als die seitlichen Verästelungen der Mutterstrahlen (Callithamnion etc. Fig. 3). Bei andern entwickelt sich der Tochterstrahl rascher, so dass er dem Mutterstrahl bald an Länge und Stärke gleichkommt und demselben gleichwerthig erscheint; die Fäden gewähren das Ansehen von Dichotomien (die Zweige von Poecilothamnion etc Fig. 6). Bei andern endlich entwickelt sich je der begrenzte Tochterstrahl beträchtlicher als sein ebenfalls begrenzter Mutterstrahl, so dass er denselben bald an Länge übertrifft und ihm an Stärke gleichkommt; dadurch wird das unver-

zweigte Ende des Mutterstrahls seitlich geschoben, und der Tochterstrahl erscheint als die direkte Fortsetzung von dessen unterm Theil (Dorythamnion, die Aeste von Poecilothamnion etc.) In Folge dieses Processes entstehen gemischte oder zusammengesetzte Strahlen, denen man den Namen Sympodium gegeben hat. Fig. 8 und Fig. 20 zeigen die Enden von Sympodien, wo die relativen Mutterstrahlen sich noch durch beträchtlichere Stärke als solche kund geben; ab, cd, ef, g, h sind die Strahlen der successiven Ordnungen. Im Gegensatz zu diesem sympodialen Wachsthum kann man das erste monopodial und das zweite kamptopodial (weil der Hauptstrahl gebogen ist) nennen [4]. Bekanntlich sind diese verschiedenen Formen der Verzweigung bei den Phanerogamen namentlich in der Blüthenregion sehr constant, so dass sie meistens zu den besten Merkmalen der ganzen natürlichen Ordnungen gehören. Bei den Callithamnieen sind sie für die einzelnen Arten ebenso constant und stimmen immer bei den nahe verwandten Arten überein.

Die Thallomstrahlen stehen einzeln oder zu zwei gegenüber oder zu mehrern quirlständig an einem Glied. Wenn sie einzelständig sind, so kehren sie sich entweder nach allen Seiten und bilden eine Spirale mit den Divergenzen $^3/_7$ bis $^1/_6$, oder sie alterniren zwischen rechts und links mit einer Divergenz von $^1/_2$ und liegen also in einer Ebene (alternirend - zweizeilig). Seltener sind alle nach einer Seite gekehrt (einzeilig) und die Divergenz ist gleich Null. Noch seltener stehen sie einseitig-zweizeilig, wobei die beiden Zeilen etwa um $^1/_3$ oder $^1/_4$ des Umfanges voneinander entfernt sind; die Wendung der Spirale wechselt mit jedem Schritte. — Der erste Tochterstrahl an einem Seitenstrahl ist dem Hauptstrahl zugekehrt, abgekehrt

---

(4) Die kamptopodiale Verzweigung hat ein gabeliges oder doldenförmiges Aussehen. Den Gegensatz zu den drei genannten Verzweigungen bildet die isopodiale, welche die ächten Gabelungen und Dolden mit gleichwerthigen Strahlen begreift. Bei den Callithamnieen ist mir kein Beispiel hiefür bekannt.

oder seitlich; im erstern Fall ist die Divergenz zwischen dem Tochterstrahl und dem Insertionspunkt des Seitenstrahls am Hauptstrahl $^1/_2$, im zweiten 0, im dritten ziemlich oder genau $^1/_4$. Im ersten und zweiten Falle liegen Hauptstrahl, Seitenstrahl und der erste Tochterstrahl des letztern oder was das nämliche ist, die beiden Verzweigungen in einer Ebene. Im dritten Falle kreuzt sich die erste Verzweigung des Seitenstrahls mit der Verzweigung des Hauptstrahls rechtwinklig; wenn Haupt- und Seitenstrahl Nord - Süd stehen, so hat der Seitenstrahl und sein erster Zweig eine westöstliche Stellung. Die letztere Stellung kommt ganz regelmässig da vor, wo die Divergenz kleiner als $^1/_2$ ist; und zwar steht der erste Tochterstrahl, wie es scheint, ziemlich constant auf der kathodischen Seite. Daraus folgt, dass bei $^1/_4$ Divergenz der zweite Tochterstrahl am Seitenstrahl die gleiche Stellung hat, wie dieser am Hauptstrahl, und dass die drei ersten Tochterstrahlen immer rechts, links und aussen (dem Hauptstrahl abgekehrt) stehen. Wenn die Strahlen der successiven Ordnungen Sympodien bilden, so zeigen diese Sympodien und deren sympodiale Verzweigungen die nämlichen Stellungsverhältnisse. Es ist daher eine bei den (monopodialen und sympodialen) Callithamnieen mit spiralständigen Seitenstrahlen allgemeine Erscheinung, dass ein Ast in seinem untern Theile gleichsam seine flache Seite dem Hauptstrahl zukehrt, da die drei ersten Strahlen seitlich und aussen liegen und erst der vierte einwärts gekehrt ist.

Wenn auf einem Glied ein Paar oder ein Quirl von Seitenstrahlen steht, so ist einer davon der zuerst gebildete; diesem folgt in der Regel der diametral gegenüberliegende, und nachher treten die übrigen beiderseits zwischen dem ersten und zweiten auf. An den successiven Gliedern eines Strahls haben die ersten Quirlstrahlen eine bestimmte Anordnung; häufig beträgt ihre Divergenz $^1/_2$, zuweilen ist sie geringer. Wenn die Seitenstrahlen opponirt sind, so liegen, bei einer Divergenz von $^1/_2$, alle in zwei Zeilen (Pterothamnion); bei einer Divergenz von $^1/_4$ sind sie vierzeilig und die successiven Paare kreuzen

sich rechtwinklig (Antithamnion). — Die erste Verzweigung eines Quirlstrahls kann entweder so gerichtet sein, dass sie mit der respectiven Verzweigung des Hauptstrahls in der nämlichen Ebene sich befindet oder mit derselben einen rechten Winkel bildet.

Die Sporenmutterzellen (Tetrasporen) stehen, wenn das Thallom aus gleichwerthigen Strahlen zusammengesetzt ist, an den Strahlen der letzten Ordnungen, also an einfachen oder wenig verästelten Zweigen. Sie sind, wenn unbegrenzte Aeste und begrenzte Zweige vorkommen, immer an den letztern befestigt. — Zuweilen sind die Sporenmutterzellen die Scheitelzellen von längern oder kürzern normalen Thallomstrahlen. Sie sind also gestielt; ihr Stiel, der sehr häufig eingliedrig ist, hat die Beschaffenheit und die Stellung eines Zweiges (Rhodochorton, Callithamnion D Compsothamnion, Herpothamnion A). Häufig sind die Sporenmutterzellen seitlich an den Zweigen, in der Art, dass sie die Stelle eines Thallomstrahls einnehmen; sie sind also sitzend an den Gliederzellen. Wenn eine Pflanze nur einen Seitenstrahl auf jedem Glied trägt, so ist an einem Glied ebenfalls nur eine Sporenmutterzelle befestigt (Callithamnion etc.) Kommen bei einer Art auf einem Glied zwei gegenüberstehende Seitenstrahlen vor, so findet man bei ihr zuweilen auch opponirte Sporenmutterzellen. In den bisher betrachteten Fällen sind also die Sporenmutterzellen durch Metamorphose aus einem ganzen Thallomstrahl oder aus dem Endtheil eines solchen hervorgegangen. — In andern Fällen haben dieselben eine andere morphologische Bedeutung. Sie befinden sich seitlich, sitzend oder gestielt an Gliedern der Zweige, zeigen aber eine andere Stellung als die Seitenstrahlen und haben daher häufig einen oder zwei derselben neben sich an dem gleichen Glied. Sie sind von denselben fast immer in horizontaler Richtung um 90° entfernt (Poecilothamnion, Sphondylothamnion etc. Fig. 6; 20, h). Eigenthümlich verhält sich Poecilothamnion (Maschalosporium) gallicum; betreffend seines Verhaltens verweise ich auf die unten folgende Gattungsbeschreibung. Solche Sporenmutter-

zellen können ausnahmsweise in Adventivzweige sich verwandeln.

Die Sporenmutterzellen, welche nicht die Stelle von normalen Seitenstrahlen einnehmen, haben gewöhnlich eine mehr birnförmige Gestalt und sind mit verschmälertem Ende befestigt, oder sie stehen auf einem 1—2 gliedrigen Stiel, welcher etwas dünner und blasser ist als die Thallomzweige. Solche Sporenmutterzellen kommen zuweilen einzeln, sehr häufig aber zu 2 und 3 in einer senkrechten Reihe an einem Gliede vor, wobei die oberste die zuerst, die unterste die zuletzt gebildete ist. — Die Sporenmutterzellen dagegen, welche die Stelle von (ganzen oder partiellen) Thallomzweigen einnehmen, sind mehr von ovaler oder rundlicher Gestalt und sitzen mit ziemlich breiter Basis auf. Sind sie gestielt, so hat ihr Stiel das Ansehen, die Beschaffenheit und Stärke eines Zweiges. Sind sie sitzend, so befinden sie sich an dem obern Seitentheil eines Gliedes. Bei keiner Pflanze fand ich an einem Gliede 2 oder 3 Sporenmutterzellen über einander, von denen die oberste die Stelle eines Seitenstrahls einnahm.

Rücksichtlich der Sporenbildung in den Mutterzellen gibt es 6 verschiedene Kategorien. 1) Aus der Mutterzelle entsteht unmittelbar eine einzige Spore (Haplospore); diess kommt nur bei Monospora vor. 2) Die Mutterzelle theilt sich in 2 Sporen (Dispore, Fig. 6), bei Poecilothamnion B Miscosporium. 3) Die Mutterzelle theilt sich in 2 Zellen und jede der beiden durch eine mit der ersten parallele Wand abermals in 2 Zellen, so dass 4 Sporen in einer Reihe hinter einander liegen (zonenartige Tetraspore); dieser Fall kommt bei keiner Callithamniee im engern Sinne, wohl aber bei der verwandten Dudresnaya vor. 4) Die Mutterzelle theilt sich ebenfalls zuerst in 2 Zellen, jede der beiden Hälften theilt sich durch eine auf der ersten rechtwinklige Wand; die 4 Sporen haben eine kugelquadrantische Gestalt und liegen bald in einer Ebene bald wie die Ecken eines Tetraeders (gekreuzte oder kugelquadrantische Tetraspore, Fig. 2, 3). 5) Die Mutterzelle theilt sich gleichzeitig (durch

Hineinwachsen von 4 Scheidewänden) in 4 Zellen, von denen jede mehr oder weniger die Gestalt eines Tetraeders hat und welche meistens auch genau tetraedrisch vereinigt sind (tetraedrische oder dreieckige Tetraspore, Fig. 14, 15). 6) Die Mutterzelle theilt sich in zahlreiche Sporen; dieser Process beginnt in einem Falle sicher mit Viertheilung; sehr wahrscheinlich endigt er immer mit Zweitheilung (Polyspore, Fig. 17); dieses Verhalten wurde bei Callithamnion C Pleonosporium und bei einigen Arten von Herpothamnion beobachtet.

Die Antheridien stehen meistens seitlich an den Thallomzweigen, einzeln oder zu 2 und 3 an einem Gliede. Jedes Antheridium entsteht aus einer Zelle, welche seitlich von der Gliederzelle abgeschnitten wird. Diese Zelle theilt sich, indem von ihr durch schiefe Wände einige (meist 3) äussere und obere Stücke als Zellen abgetrennt werden. Die letztern können sich in gleicher Weise theilen und dieser Zellenbildungsprocess kann sich noch 1 oder mehrmal wiederholen. Es entsteht dadurch ein trichotomischer und dichotomischer wohl auch fiederartiger, mehr oder weniger complicirter Zweig mit kurzen Zellen und gedrängt stehenden Verzweigungen. Auf den letzten und äussersten Zellen bilden sich je 2 — 4 Samenzellchen. Das ganze Antheridium stellt eine halbkugelige oder längliche planconvexe Masse dar, welche mit der Basilarzelle an dem Thallomglied befestigt und an der Oberfläche (bei den länglichen Antheridien an der convexen Aussenfläche) ganz mit den Samenzellchen bedeckt ist.

Diese seitlichen Antheridien stimmen rücksichtlich ihrer Stellung mit den Sporenmutterzellen überein. Bei denjenigen Callithamnieen, wo die seitlich sitzenden Sporenmutterzellen den Platz eines Seitenstrahls einnehmen, findet sich auch das Antheridium an der nämlichen Stelle (Callithamnion, Dorythamnion etc.) Bilden sich mehrere Antheridien an dem nämlichen Glied, so behauptet das zuerst entstehende jenen Platz; die folgenden befinden sich in gleicher Höhe neben demselben und bilden mit ihm einen 3- (auch 4-?) zähligen Quirl (Callithamnion B

Dasythamnion). Bei andern Callithamnieen stehen die seitlichen Antheridien, wie die Sporenmutterzellen, nicht an der Stelle eines Seitenstrahls und häufig neben einem solchen auf dem gleichen Glied; auch findet man sie nicht selten zu 2 oder 3 über einander an einem Glied, wobei immer das unterste das jüngste ist. — Wenn ein Glied mehrere über oder nebeneinander liegende Antheridien trägt, so stehen sie meistens so gedrängt, dass sie in eine Masse zusammenfliessen. Es können auch alle auf den successiven Gliedern eines Zweiges befindlichen Antheridien zu einer einzigen Masse sich vereinigen und eine Anhäufung höherer Ordnung darstellen (Letzteres bei Callithamnion B Dasythamnion, Fig. 9—11).

Es gibt ferner Antheridien, welche auf Thallomstrahlen terminal stehen. Die wenigen bekannten Beispiele gehören solchen Pflanzen an, die endständige Sporenmutterzellen haben (Herpothamnion A und Lejolisia, Fig. 28). Diese Antheridien gleichen im äussern Ansehen und im Bau denjenigen von Polysiphonia. Es sind länglich-ovale Körper, bestehend aus vielen kleinen Zellchen mit einem axilen Strang von grössern Zellen. Sie entstehen aus der Scheitelzelle und den 3 oder 4 letzten Gliederzellen eines Zweiges. Jede Gliederzelle bildet einen Quirl von (4?) Zellen; aus deren jeder wie bei den seitenständigen Antheridien ein Complex von Zellen hervorgeht, der an seiner Oberfläche die Samenzellchen trägt. Die Theilung der Scheitelzelle weicht etwas ab; das Resultat ist aber das nämliche. Diese endständigen Antheridien sind also im Grunde zusammengesetzte Organe, die aus vielen einzelnen, den seitlichen Antheridien der übrigen Callithamnieen analogen Elementarantheridien bestehen. Sie entsprechen den Anhäufungen bei Callithamnion B Dasythamnion; nur ist die Vereinigung bei Herpothamnion und Lejolisia noch vollständiger und inniger, und dadurch, dass auch die Scheitelzelle an der Bildung Theil nimmt, wird die ganze Anhäufung wirklich terminal.

Die Keimfrüchte werden bei den Callithamnieen immer seitlich an einer Gliederzelle der aufrechten Thallomstrahlen ange-

legt. Die Entwicklungsgeschichte stimmt bei allen bis in ein ziemlich vorgerücktes Stadium vollkommen überein. Seitlich an der Gliederzelle bilden sich 4 Zellen, die zusammen ein Kreuz darstellen; und von denen die zweite der ersten, die vierte der dritten gegenübersteht. Wenn die erste Zelle sich geraume Zeit vor den andern bildet, so entsteht aus ihr ein gewöhnlicher vegetativer Zweig. Folgt die Anlage der andern drei Zellen unmittelbar nach, so bleibt die erste verkürzt und ungetheilt und bildet einen einzelligen verkümmerten Zweig (Fig. 12, c; 18 und 19, c; 28, e). Derselbe hat, wenn die Pflanze auf jedem Glied nur einen Seitenstrahl erzeugt, immer die Stellung desselben; und wenn die Seitenstrahlen in Paaren oder Quirlen stehen, so nimmt er den Platz des ersten Quirlstrahls ein.

Aus der zweiten Zelle, welche dem ein- oder vielzelligen Zweig gegenüber steht, entwickelt sich ein eigenthümlicher Complex von mehrern (meist nur 4—5) Zellen, welcher durch den blassen zartkörnigen Zelleninhalt, durch die zarten Membranen und besonders auch dadurch charakterisirt ist, dass seine oberste oft seitlich gelegene Zelle ein einzelliges abfallendes Haar trägt. Ich will diese Gruppe als Trichophorcomplex oder einfach als T r i c h o p h o r bezeichnen (Fig. 4, d; 5; 12, d und B zwischen e und f; 18, d; 19, dd; 28, f; 29, f). — Aus der dritten und vierten Zelle (Fig. 4, e; 12, e und B, e, f; 18, e; 28, g) entstehen Complexe von Keimzellen [5]. Es beginnt in jeder derselben ein Zellenbildungsprocess, welcher demjenigen bei der Bildung der Antheridien ähnlich ist und darin besteht, dass von einer Zelle 2 — 3 äussere oder obere Partien durch schiefe Wände als Zellen abgeschnitten werden. Diese Theilung wiederholt sich mehr oder weniger oft je in den äussern Zellen und es entsteht ein dichotomisch und trichotomisch getheilter Faden

---

(5) Höchst selten wächst eine dieser Zellen statt Keimzellen zu bilden, in einen Adventivzweig aus (bei Poecilothamnion versicolor beobachtet, Fig. 4, f).

mit kurzen polyedrischen Gliedern und dicht gedrängt beisammen liegenden Verzweigungen.

Soweit scheint die Entwicklungsgeschichte bei allen Callithamnieen übereinzustimmen; sie wurde beobachtet bei Callithamnion (Eucallithamnion, Dasythamnion, Pleonosporium), Poecilothamnion, Dorythamnion, Herpothamnion; Pterothamnion und Lejolisia scheinen sich ganz gleich zu verhalten [6]. Die weitere Ausbildung der Zellencomplexe, welche aus der dritten und vierten Zelle hervorgehen, verhält sich bei verschiedenen Gattungen ungleich. Bei der Mehrzahl verwandelt sich die ganze Masse mit Ausschluss der einzigen Basilarzelle oder einiger Zellen am Grunde in ein Keimhäufchen (Favella). Die gedrängt liegenden Zellen der ganzen Verzweigung werden grösser und füllen sich mit festem rothem Inhalte; zwischen sich bilden sie wenig Gallerte und behalten die polyedrische Form, die sie von Anfang an hatten; an der Oberfläche dagegen wird reichliche Gallertmembran gebildet, welche wie eine Blase das meist rundliche zuweilen gelappte oder zugespitzte Keimhäufchen umhüllt. Dasselbe gewährt jetzt den Anschein, als ob in einer Mutterzelle viele Zellen sich gebildet hätten. Dass es aber morphologisch einem nach Art und Weise des Thalloms verzweigten gegliederten Faden entspricht, geht theils aus der Entwicklungsgeschichte theils aus dem anatomischen Verhalten im ausgebildeten Zustande hervor (vgl. Algensyst. 204. Tab. VI, 22—29). — Das Keimhäufchen steht somit auf einem ein- oder mehrzelligen Stiel. An dem letztern können nachträglich noch neue Keimhäufchen entstehen; man beobachtet sehr häufig am Grunde des entwickelten 1—2 unentwickelte. Zuweilen trägt auch der

(6) Trichophore wurden ferner gesehen bei Wrangelia, Griffithsia, Heterosphondylium, Anotrichium, Spyridia, Ptilota, zweifelhaft bei Gloiosiphonia. Bei diesen Gattungen weicht aber die Entwicklungsgeschichte von den eigentlichen Callithamnieen manchmal darin ab, dass von zwei successiven Gliedern das untere ein oder mehrere Trichophore, das obere die Anlage für die Keimzellen bildet.

verzweigte Stiel mehrere Keimhäufchen, welche sich ziemlich gleichzeitig ausbilden — Es ist noch zu bemerken, dass wenn die beiden Keimhäufchen sammt dem Trichophor an dem obern Theil eines schon ziemlich verlängerten Gliedes entstehen, zuweilen unter denselben etwas später noch 2 andere Keimhäufchen an der Gliederzelle angelegt werden. Dieselben sind ebenfalls opponirt und entsprechen in ihrer Stellung genau den beiden ersten (Poecilothamnion).

Wenn die Keimhäufchen sich an dem letzten Glied der Zweige (unmittelbar unter der Scheitelzelle) befinden, so bildet sich der Seitenstrahl, der zwischen ihnen von demselben Glied entspringt, nicht aus. Dafür legen sich die Seitenstrahlen, welche von dem vorausgehenden Glied oder von den beiden nächst untern Gliedern kommen und meistens adventiver Natur sind (indem ihre Stellung von der für die Verzweigungsweise der betreffenden Pflanze normalen Art abweicht), als Hüllzweige um die Keimhäufchen (Callithamnion C Pleonosporium). Befinden sich die letztern tiefer an den Zweigen und Aesten, so mangelt ihnen diese Umhüllung; dagegen ist der zwischen ihnen befindliche Zweig ausgebildet und sie haben oft scheinbar eine axilläre Stellung (Callithamnion A Poecilothamnion). Jene Keimhäufchen können als terminale, diese als laterale bezeichnet werden.

Bei andern Callithamnieen geht die Ausbildung der Keimhäufchen in anderer Art vor sich. Jeder der beiden Zellencomplexe, welche aus der dritten und vierten Zelle (Fig. 18, e; 19 die Zellgruppe zwischen g, c und dd) hervorgegangen sind, wird zum Keimboden von fast halbkugeliger Gestalt. Derselbe besteht aus einem verzweigten Faden mit gedrängt stehenden radienförmig gestellten Verzweigungen und mehr oder weniger verkürzten Gliedern. Auf den oberflächlichen Zellen dieser beiden Keimböden bilden sich die Keimzellen (Fig. 29, g, h), die wahrscheinlich nichts anderes sind als die letzten Zellen (Scheitelzellen) aller einzelnen Strahlen. Jede Keimzelle hat eine mehr oder weniger birnförmige Gestalt und ist von einer eigenen Gallertmembran umgeben.

Die Keimfrüchte mit der eben erwähnten Ausbildung befinden sich dicht an einem Zweigende, an dem unter der Scheitelzelle stehenden Glied. Die Scheitelzelle verkümmert und bleibt klein (Fig. 19, g; 29, i); ebenso ist der zwischen den Keimfrüchten stehende Seitenstrahl (die erste der vier Zellen) einzellig und abortirt (Fig. 19, c). Die beiden gegenüber liegenden Keimböden vereinigen sich, indem die beiden genannten Zellen und das Trichophor wegen ihrer Kleinheit zurücktreten, zuweilen zu einem scheinbar endständigen Keimboden von ziemlich kugeliger Gestalt, welcher überall an seiner Oberfläche die Keimzellen trägt. — Solche Keimfrüchte können, in analoger Bezeichnung mit ähnlich gebauten Organen, Keimköpfchen genannt werden. Sie kommen bei Herpothamnion vor. — Auch hier bilden die theils normalen theils adventiven Seitenstrahlen eines untern Gliedes, indem sie sich mit der concaven innern Fläche an das Keimköpfchen anlegen, eine Hülle um dasselbe.

Es gibt auch Callithamnieen, welche weder Keimhäufchen noch Keimköpfchen, sondern Keimbehälter bilden (Lejosilia). Die Entwickelungsgeschichte der letztern ist noch unbekannt.

Ausser den 3 genannten Fortpflanzungsorganen (Sporen, Antheridien und Keimfrüchte), welche, wenn nicht allen, doch den meisten Callithamnieen zukommen, gibt es noch ein Organ, das nur bei einigen wenigen bekannt ist. Es sind die sogenannten Seirosporen, rosenkranzförmige verzweigte Fäden, deren mit dicker Wandung begabte und mit unlöslichem dunkelgefärbtem Inhalt gefüllte Glieder sich leicht voneinander trennen (Fig. 13). Mrs. Griffiths und Harvey betrachten diese Zellen als Sporenmutterzellen und Harvey bildet sie sogar als getheilte Tetrasporen ab (Phyc. brit. Pl. XXI). Doch scheint darauf kein allzu grosses Gewicht gelegt werden zu können; denn er sagt später (Nereis boreali-americ. II, 238), er habe keine eigentlichen Tetrasporen gesehen (I have not seen proper tetraspores). Kein anderer Beobachter hat diese Theilung wahrgenommen; Exemplare von Poecilothamnion (Miscosporium) seirospermum von Torquay und St. Waast zeigten auch mir nur ungetheilte

Glieder und zwar im vollkommen reifen Zustande. Dass die angeschwollenen Glieder der Seirosporen nicht die Mutterzellen der Sporen seien, dafür spricht besonders der Umstand, dass bei den beiden mit diesen Organen begabten Arten (bei M. seirospermum und interruptum) die wirklichen Tetrasporen gefunden wurden. Es entsteht daher die fernere Frage, ob es den Keimfrüchten analoge und dieselben vertretende Organe seien. Diess scheint aber ebenfalls nicht richtig, da bei einer Art (M. interuptum) wirkliche Keimhäufchen und Seirosporen vorkommen. Einen andern vielleicht noch stärkern Grund gibt die Morphologie dieser Organe, welche zeigt, dass es ein metamorphosirter Zustand der Tetrasporen tragenden Zweige ist, worüber ich auf die Beschreibung von Poeclithamnion B Miscosporium verweise. Die sogenannten Seirosporen stellen daher ohne Zweifel eine abnormale Bildung von Brutkeimen dar und werden wohl richtiger Seirogonidien geheissen.

Von der Betrachtung der morphologischen Verhältnisse gehe ich zu der Systematik über. Kützing (Phyc. gen. 370 ff.) spaltete die alte Gattung Callithamnion in zwei: Callithamnion und Phlebothamnion, jene mit nackten diese mit berindeten Stämmchen und Aesten. Diese Trennung ist aber eine künstliche und somit unhaltbar; denn sie bringt verwandte Arten auseinander und fremdartige zusammen, abgesehen davon, dass es Arten gibt, bei denen die einen Pflanzen am Grunde schwach berindet, die andern nackt sind. Meine eigenen Untersuchungen in den Jahren 1842—1844 wiesen eine solche Fülle von morphologischen Verschiedenheiten in den vegetativen und reproductiven Eigenschaften der Callithamnieen nach, dass ich veranlasst wurde sie in 10 Gattungen[7] zu theilen. Ich veröffentlichte 3 derselben: Callithamnion, Antithamnion und Poecilothamnion und charakterisirte dieselben durch den verschiedenen Aufbau der

---

(7) Callithamnion, Dorythamnion, Herpothamnion, Rhodochorton, Poecilothamnion, Septothamnion (= Monospora), Pterothamnion, Antithamnion, Sphondylothamnion, Acrochaetium.

Pflanzen und die verschiedene Stellungsweise der Tetrasporen. Diess veranlasste J. Agardh (Spec. Gen. et Ord. Algarum II, 8), nachdem er dieser Neuerung Erwähnung gethan, zu dem drolligen Ausfall: Conferant opus auctoris qui in his distinctionibus scientiam positam credant. Entwicklungsgeschichte und wissenschaftliche Morphologie scheinen nun einmal dem Systematiker ein wahrer Horror zu sein. Findet man doch in den systematischen und floristischen Werken über Phanerogamen, ungeachtet der vielen und erfolgreichen, seit 30 Jahren veröffentlichten Arbeiten von Schimper, Braun, Bravais, Wydler, Irmisch u. A. so häufig keine Spur von morphologischer Anschauung und Bezeichnung. Warum sollte es bei den Algen anders sein? Warum sollte hier nicht die Linné'sche Terminologie ebenfalls ausreichen und warum sollte der Systematiker sich die Mühe geben, in neue Begriffe sich hineinzudenken? — Und doch, wer möchte es läugnen, kommt die Systematik nachgerade mit Rücksicht auf die übrige Wissenschaft in eine nicht beneidenswerthe Lage, aus welcher sie nur durch die wissenschaftliche Morphologie befreit werden kann.

Wohin es die jetzige Algensystematik in der Gattung Callithamnion gebracht hat, dafür liefern die Disposition, die Diagnosen und Beschreibungen J. Agardh's ein Beispiel. Gerade für diese Gattung aber ist es nothwendig, dass man eine pedantische, unzureichende und zum Theil unverständliche Terminologie, welche oft das wesentlich Verschiedene gleich bezeichnet und das unwesentlich Verschiedene anders benennt, gegen richtige morphologische Bezeichnungen vertausche. Nicht mit Unrecht sagt Harvey Phyc. britannica Plate CCCXXXI, jeder der eine Zeit lang und an zahlreichen Standorten das Genus Callithamnion studirt habe, wisse, dass es viele Zwischenformen gebe, die es oft schwer halte richtig zu bestimmen. Aber nicht nur diese unbequemen Formen (puzzling forms), die man nach Harvey am besten ignorirt, machen es wünschbar, dass man bessere und constantere Merkmale auffinde. Die Vortrefflichkeit der bisherigen Systematik wird in jedem grössern Algenherbarium

durch zahlreiche, von tüchtigen Algologen unrichtig benannte Exemplare, die selbst den Namen von gänzlich verschiedenen Arten (Gattungen in meinem Sinne) tragen, auf passende Weise illustrirt. Dürfte es da so unwissenschaftlich und unzweckmässig sein, einige neue morphologische Merkmale (über Stellungs- und Verzweigungsverhältnisse) in die Beschreibung aufzunehmen, wenn dieselben auch nicht immer mit dem obligaten Ablativ und mit den mehr oder weniger classischen Ausdrücken ramulis quoquoversum pinnatis, ramulis cum rhachide decussatis, sphaerosporis in ramulo furcato corymboso-aggregatis, sphaerosporis ad ramulos sparsis u. dgl. ausreichen. — In der That hört so manche „puzzling form" und so manche sogenannte Mittelform, mit der die bisherige Algologie nichts anzufangen weiss, auf, ein Räthsel zu sein, und reiht sich ganz entschieden einem Typus an, sobald man sie morphologisch betrachtet.

Indessen J. Agardh beschränkte sich nicht darauf im Allgemeinen die unwillkommene Einmischung von Morphologie und Entwicklungsgeschichte zurückzuweisen. Er macht einige Ausstellungen an den von mir gebrauchten Gattungsmerkmalen. Er sagt, die sogenannten Blätter (Zweige) von Antithamnion cruciatum seien nicht mehr begrenzt als die Seitenachsen von Callithamnion scopulorum; und zwischen den unbegrenzten Achsen von Callithamnion und den begrenzten von Poecilothamnion finde er keine andere Verschiedenheit, als die welche aus einer abwechselnd gefiederten und gabeltheiligen Verzweigung entstehen. J. Agardh steift sich hier auf den Ausdruck u n b e g r e n z t. Jeder der sich mit dem Wachsthum der Organe beschäftigt, weiss, dass die einen eine bestimmte Begrenzung finden, daher auch nur eine bestimmte Länge erreichen (Haare, Stacheln, Blätter, Blüthenstiele); dass dagegen andere so lange sich verlängern, als die Pflanze überhaupt lebt, oder dass sie auch wohl vorher früher oder später aber ohne bestimmten Termin ihr Wachsthum beendigen, indem die Spitze abortirt. Diese habe ich mit einem vielleicht nicht ganz passenden Ausdruck unbegrenzt genannt, mit einem Ausdruck, den ich

übrigens nicht erfunden hatte und der vor mir in andern Gebieten auch schon in ganz ähnlicher Weise gebraucht worden war. Das Hauptmoment liegt nicht in dieser Bezeichnung, sondern in der Thatsache, dass bei Callithamnion alle Strahlen einander morphologisch gleichwerthig sind; jeder hat die Fähigkeit unbegrenzt zu werden, allein die Ernährung reicht nicht für alle aus, und die einen gewinnen früher oder später die Oberhand über die andern. Die letztern wachsen zuerst langsam, nachher hört das Wachsthum ganz auf; aber sehr oft lässt sich nicht bestimmen, ob sie noch Zellen bilden oder nicht, da die Scheitelzelle sich kaum verändert. Zwischen den längsten noch fortwachsenden und den kürzesten nicht mehr sich verlängernden Strahlen gibt es alle möglichen Zwischenstufen [8]. Bei Antithamnion dagegen besteht eine ganz bestimmte und charakteristische Verschiedenheit zwischen unbegrenzten und begrenzten Strahlen; dieselbe ist von Anfang an morphologisch gegeben;

(8) Eine interessante Bestätigung dieser Ansicht finde ich eben an Callithamnion Gaudichaudii. Die meisten Strahlen endigen so, dass man sie als begrenzt bezeichnen muss; sie sind spärlich verzweigt und ihre obersten Zellen sind ausgebildet mit dicker Membran und rothem etwas körnigem Inhalte. Auf andern Strahlen dagegen, welche diesen in allen Stücken gleichen und sich weder durch Stellung noch durch Verzweigung und Grösse unterscheiden, bemerkt man junge stark verzweigte Fortsetzungen mit kleinern Zellen, dünner Membran und homogenem wenig gefärbtem Inhalte. Man sieht deutlich, wie die einen Scheitelzellen ein neues Scheitelwachsthum begonnen haben, und dass sie dazu nicht durch eine morphologische Prädestination bezeichnet, sondern durch physiologische Verhältnisse bestimmt wurden. Man muss daher alle Strahlen als im Vermögen unbegrenzt bezeichnen. — Eine ähnliche Beobachtung ist bei den in haarförmige oder dornähnliche Spitzen endigenden Strahlen von Poecilothamnion und Dorythamnion und bei den Quirlzweigen von Antithamnion, Pterothamnion und Sphondylothamnion gewiss unmöglich. Dagegen beobachtete ich hin und wieder Andeutungen für die gleiche Erscheinung bei verschiedenen Arten von Callithamnion, aber nirgends waren die neuen Triebe so scharf und kenntlich abgesetzt wie bei C. Gaudichaudii.

desswegen findet man auch im ausgebildeten Zustande keine Uebergänge zwischen den beiden Organen. Mit Antithamnion stimmen überein Pterothamnion und Sphondylothamnion[9].

Der Gegensatz von Callithamnion und Poecilothamnion ist ein anderer; bei letzterem sind alle Strahlen begrenzt und was damit im engsten Zusammenhange steht, sie vereinigen sich zu Sympodien. Bei Poecilothamnion granulatum, Dorythamnion tetragonum und Monospora pedicellata kann der sympodiale Wuchs mit Sicherheit an den Enden der stärkern Aeste, selbst im getrockneten Zustande, viel deutlicher an frischen und Weingeistexemplaren erkannt werden, und wenn J. Agardh sagt, er sehe keinen andern Unterschied als den einer alternirend-gefiederten und einer gabeltheiligen Verzweigung, so ist das im Grunde nicht anders als wenn er sagte, er finde zwischen der Inflorescenz von Arabis und von Symphytum keine andere Differenz als dass dort die Blüthenstiele an der Spindel nach allen Seiten abgehen, hier in zwei genäherten Zeilen stehen.

J. Agardh sagt ferner, die übrigen von mir angeführten Merkmale, nämlich die Anwesenheit der endständigen Haare und die Stellung der Tetrasporen seien von so geringer Bedeutung, dass man in der gleichen Species oft auch das Gegentheil beobachte. Was zuerst die Haare betrifft, so ist bei den Algen überhaupt ihr Vorhandensein von grosser Wichtigkeit, wenn sie endständig sind und die Achsen begrenzen. Bekanntlich ist diess das einzige Merkmal, um die ganze Gruppe der Rivularieen zu unterscheiden; und bekanntlich ist es ein äusserst constantes Merkmal für manche Gattung von fadenförmigen Algen. Aber je grösser und complicirter die Pflanze wird, desto unsicherer wird die Beobachtung, wenn auch das Merkmal constant ist Man findet das endständige Haar einer Achse nicht, so lange

(9) Am ausgezeichnetsten ist die Verschiedenheit von unbegrenzten und begrenzten Strahlen bei Anotrichium, Heterosphondylium und Sphondylotrichium ausgebildet, wo die begrenzten Zweige viel schmächtiger und haarförmig sind und bald abfallen.

sie noch in die Länge wächst; man findet es ferner nicht, wenn es abgefallen ist. Bei keiner einzigen Art von Callithamnion habe ich je Haare gesehen, denn hier werden sie nie gebildet. Bei keiner Art von Poecilothamnion (A Eupoecilothamnion) habe ich sie vermisst und ich habe selbst an jedem einzelnen Exemplar wenigstens einzelne gesehen, wenn die Pflanze nicht überhaupt zu jung war. — Dass endständige hinfällige Haare bei den Callithamnieen von nicht geringer morphologischer Bedeutung sind, wird auch durch das ausnahmslose Vorhandensein des Haares bestätigt, welches das Trichophor bei allen Gattungen und Arten anfänglich krönt.

Was ferner die Tetrasporen betrifft, so entgegnet J. Agardh, dass dieselben bei Poecilothamnion nicht immer an einem Glied stehen, das schon einen Ast trägt und dass sie nicht immer zu mehreren an einem Glied vorkommen. Ich habe darauf zweierlei zu erwiedern. Erstlich zeigt die verschiedene Stellung der Tetrasporen bei Callithamnion und Poecilothamnion deren verschiedene morphologische Bedeutung an, wie ich bereits oben ausgeführt habe und in den Gattungsbeschreibungen noch näher darlegen werde. Zweitens kommt es bei der Beurtheilung einer Species oder eines Genus nicht nur darauf an, was an jedem einzelnen Individuum hervorgebracht wird, sondern auch darauf, was die Pflanze überhaupt fähig ist hervorzubringen. Callithamnion besitzt weder das Vermögen, an einem Glied, das schon einen Zweig trägt, eine Tetraspore, noch auch an einem Glied 2 und 3 Tetrasporen zu erzeugen. Dieses Vermögen haben aber alle Arten von Poecilothamnion. Aber abgesehen davon ist mir auch kein einziges Exemplar von Poecilothamnionarten vorgekommen, an dem ich nicht an manchen Gliedern 2 — 3 Tetrasporen und ebenso mehrere verzweigte sporentragende Glieder beobachtet hätte; in letzterer Beziehung macht nur Poecilothamnion (Maschalosporium) affine eine Ausnahme.

J. Agardh ist übrigens, wie es scheint, in einem auffallenden Irrthum betreffend den Umfang meiner 3 Gattungen Callithamnion, Antithamnion und Poecilothamnion begriffen, indem

er angibt, dass dieselben der ganzen Gattung Callithamnion entsprechen (l. c. II, 5). Diess wurde von mir nirgends gesagt. Ueberall in meiner Algenschrift habe ich nur einzelne Beispiele gegeben, und für die Ceramiaceen wählte ich ausser Ptilota 3 neue aus dem alten Genus Callithamnion herausgeschnittene Gattungen, an denen 3 verschiedene Wuchsverhältnisse und verschiedene Stellungen der Tetrasporen repräsentirt waren. Eine Einsicht in die morphologischen Verhältnisse der Callithamnieen hätte doch zeigen müssen, dass dieselben sich kaum erschöpfen liessen, wenn den 3 Gattungen noch 6 andere mit analoger Charakteristik beigefügt würden.

Von der alten Gattung Callithamnion sind später noch 2 Gattungen abgeschieden worden Monospora von Solier und Spermothamnion von Areschoug; ferner hat Areschoug mehrere Arten, weil ihnen die Tetrasporen mangeln, zu Trentepohlia (Chantransia) gestellt. J. Agardh bringt die letzteren zwar wieder zu Callithamnion, weil Harvey an zwei Formen Tetrasporen abbildet. Aber es ist unzweifelhaft, dass mehrere Arten keine Tetrasporen sondern Mutterzellen mit Schwärmsporen hervorbringen. Dieselben dürfen jedoch nicht mit Chantransia vereinigt werden, sondern müssen eine besondere Gattung bilden; ich habe sie Acrochaetium genannt. — Nach Hinwegnahme von Monospora, Spermothamnion und Acrochaetium bleiben noch zahlreiche Arten bei Callithamnion, welche bisher nach der Berindung und nach einigen Verzweigungskategorien auf künstliche Weise zusammengestellt wurden. Eine wissenschaftliche Behandlung verlangt die Bildung von natürlichen Gruppen, die Vereinigung der verwandten und die Trennung der disparaten Arten, was nur bei gehöriger Würdigung der morphologischen Verhältnisse und der Entwicklungsgeschichte möglich ist. Zugleich wird dadurch die Bestimmung leichter und sicherer.

Es entsteht dann die weitere Frage, ob die auf diesem Wege gebildeten natürlichen Gruppen als besondere Gattungen oder als Sectionen einer Gattung zu behandeln seien. An und

für sich wäre diess gleichgiltig, denn der Hauptzweck, eine natürliche Anordnung der Arten, wird so wie so erreicht. Allein die Rücksicht auf die ganze Systematik der Ceramiaceen und der Florideen verlangt, dass diese Gruppen als Genera betrachtet werden. Mit Rücksicht auf die Systematik der Ceramiaceen selbst, ist darauf Gewicht zu legen, dass die Kenntniss der Arten besonders ihrer reproduktiven Verhältnisse noch zu unvollständig ist, um grössere Gattungen zu begründen. Wenn man z. B. die bisherigen Genera J. Agardh's Callithamnion, Griffithsia, Wrangelia beibehalten wollte, indem man letzterer die Arten C. Turneri und Pluma beifügte, so bliebe es dem subjectiven Ermessen anheimgestellt, wohin man alle Arten stellen wollte, bei denen die Keimfrüchte noch unbekannt sind. Ueberdem können, da der Werth der Merkmale noch allzu sehr streitig ist, die Gattungen in verschiedener Weise aufgefasst werden. Der eine wird sie nach den Keimfrüchten, ein anderer nach der Berindung, ein dritter und vierter nach Wuchsverhältnissen oder nach der Stellung und morphologischen Bedeutung der Tetrasporen begründen. Die beiden ersten Wege sind versucht, die beiden letztern sind denkbar und könnten Manchem ebenso naturgemäss erscheinen. — Die eben genannten Schwierigkeiten werden dadurch vermieden, wenn man jede natürliche Gruppe von Arten als Gattung behandelt. Diess hat den weitern Vortheil, dass sie als Gattung besser studirt wird, und dass man sich viel mehr Mühe gibt, die mangelnden Merkmale (besonders der Fortpflanzungsorgane) zu ergänzen, als es der Fall ist, wenn sie als Theil einer durch viele Arten hinreichend bekannten Gattung comparirt.

Berücksichtigen wir andererseits das Verhältniss der Ceramiaceen zu den übrigen Florideen, so muss die Forderung gestellt werden, dass die Gattungen bei beiden nach den gleichen Grundsätzen festgestellt werden. Man darf nicht bei den Ceramiaceen eine Gruppe von Arten als Gattung betrachten, während eine analoge Gruppe von Arten bei den übrigen Florideen als Tribus angesehen und in ein halbes oder ganzes Dutzend

Gattungen zerspalten wird. Man darf nicht dem nämlichen Merkmal bei den Ceramiaceen bloss eine spezifische, bei den übrigen Florideen eine generische Bedeutung beilegen. Beides geschieht aber jetzt im vollsten Maasse. Die alte Gattung Callithamion hat eine Fülle von morphologischen Verschiedenheiten im vegetativen Aufbau und in der Stellung der Fortpflanzungsorgane wie keine Tribus und wie kaum eine Familie oder Ordnung der übrigen Florideen; und was die Merkmale betrifft, so will ich nur eines besprechen, weil es für alle übrigen entscheidet, nämlich die Theilung der Tetrasporen. Tetraedrische, kreuzförmige und zonenförmige Tetrasporen sind durch das ganze System der Florideen Charaktere von generischer Bedeutung, und zwar so, dass einige Gattungen, die im innern Bau und im äussern Habitus mit einander übereinstimmen, bloss durch dieses Merkmal unterschieden werden. Daher stellt sich denn auch J. Agardh die Frage (l. c. II, 8), ob nicht die Theilung der Tetrasporen bei den Callithamnieen die gleiche Geltung habe wie bei den andern Genera. Er beantwortet sie aber mit Nein, denn durch die auf diese Weise entstandenen Gattungen würden im höchsten Grade ähnliche Arten von einander getrennt. Mit gleichem, oder wie mir scheint, mit mehr Recht lässt sich aus dieser Thatsache ein anderer Schluss ziehen, der nämlich, dass es in der fraglichen Pflanzengruppe Merkmale von höherer Geltung gebe als die der Tetrasporentheilung, und dass diese aufgesucht und für die Begründung der Gattungen ebenfalls benützt werden müssen; das sind die Wuchsverhältnisse und die Stellung und morphologische Bedeutung der Sporenmutterzellen. Wenn man die andern der frühern grössern Florideengattungen bloss nach der Sporenbildung hätte in Gattungen trennen wollen, so wäre ebensowenig ein natürliches Produkt herausgekommen, weil sie eben das letzte und leichteste der Gattungsmerkmale ist und erst zur Geltung kommen darf, nachdem die übrigen bedeutenderen verwendet wurden. Unter den 6 verschiedenen Sporenbildungen gibt es bei den Callithamnieen und den verwandten Gattungen 4 konstante Verhältnisse: 1) Haplosporen, 2) zonenartige Tetra-

sporen, 3) kreuzförmige Tetrasporen, 4) Disporen, tetraedrische Tetrasporen und Polysporen. Letztere wechseln mit einander bei der gleichen Art; Poecilothamnion (Miscosporium) seirospermum hat Disporen und tetraedrische Tetrasporen; Herpothamnion (Anisarithmium) strictum hat tetraedrische Tetrasporen und Polysporen.

Wenn ich darauf dringe, dass die Callithamnieen ebenso behandelt werden wie die übrigen Florideen, so geschieht es nicht desswegen, weil ich der Ansicht wäre, dass die Gattungen und die Arten nicht genug getheilt werden könnten. Was die Arten betrifft, so ist eine Rückkehr von der Zersplitterung gewiss im höchsten Grade wünschbar, sobald und wo immer dieselbe möglich ist, und J. Agardh hat in dieser Beziehung für die Callithamnieen geleistet, was überhaupt mit der bisherigen unzureichenden Methode geleistet werden konnte. Dagegen bin ich der Ansicht, dass natürlichere grössere Gattungen mit unseren jetzigen Kenntnissen noch nicht begründet werden können, und dass es für den Fortschritt viel förderlicher ist, eine grössere Zahl von natürlichen, als eine kleinere von künstlichen Gattungen zu haben.

In der folgenden Aufzählung wurde ich wegen unvollständiger Kenntniss der Arten selbst zum Theil an der Durchführung dieses Prinzips gehindert, und einige Male gezwungen mehrere natürliche Gattungstypen in eine mehr künstliche Gattung zu vereinigen, weil entweder die Wuchsverhältnisse an den getrockneten Exemplaren nicht zu ermitteln waren oder die Antheridien mangelten. Das letztere Organ ist für die Callithamnieen gewiss von eben so grosser wo nicht grösserer Bedeutung als Sporen und Keimfrüchte und es ist nur zu bedauern, dass die Sammler dasselbe so ganz vernachlässigen.

Uebersicht der Gattungen und Untergattungen, welche dem früheren Genus Callithamnion (Callithamnion und Phlebothamnion Kg.) entsprechen.

I. Die aufrechten Thallomfäden mit lauter gleichwerthigen Strahlen.

A. Sporenmutterzelle die Stelle eines ganzen vegetativen Strahls oder seiner Scheitelzelle einnehmend.

1) Die aufrechten Thallomfäden von kriechenden entspringend, mit gegenständiger oder einseitiger, zuweilen vager Verzweigung.

a) Kriechende Fäden ohne Haftwurzeln; kreuzförmige Tetrasporen . . . . *Rhodochorton*

b) Kriechende Fäden mit Haftwurzeln; tetraedrische Tetrasporen oder Polysporen.

α) Umhüllte Keimköpfchen . . *Herpothamnion*

Tetrasporen terminal . A Euerpothamnion

Tetrasporen seitlich-sitzend . B Rhizophyes

Theils Tetrasporen theils Polysporen, terminal . . . C Anisarithmium

Polysporen, theils terminal theils seitlich sitzend . . D Meristosporium

β) Keimbehälter . . . . *Lejolisia*

2) Die aufrechten Thallomfäden mit regelmässig alter-

[redacted]

b) Wachsthum sympodial; Tetrasporen tetraedrisch, seitlich-sitzend . . . . *Dorythamnion*

B. Sporenmutterzellen nicht an der Stelle eines vegetativen Strahls, oft mit einem solchen theils einzeln theils zu 2 und 3 an einem Glied.

1) Tetraedrische Tetrasporen oder Disporen . . . . *Poecilothamnion*

a) Manche Zweige mit hinfälligen endständigen Haaren (Wachsthum sympodial); tetraedrische Tetrasporen . . . . A Eupoecilothamnion

b) Disporen (bei einer Art mit Tetrasporen wechselnd) oft gestielt . B Miscosporium

c) Keine endständigen Haare; Wachsthum monopodial; tetraedrische Tetrasporen . . . . C Maschalosporium

2) Haplosporen . . . . *Monospora*

II. Aufrechte Thallomfäden mit unbegrenzten Aesten und begrenzten Quirlzweigen.

A. Tetrasporen die Stelle eines ganzen Zweigstrahls oder seiner Scheitelzelle einnehmend, meist gestielt, in der Ebene des gefiederten Quirlzweiges liegend.

1) Diese Ebene geht durch den tragenden Ast; Tetrasporen kreuzförmig und tetraedrisch . . . . *Pterothamnion*

2) Diese Ebene ist zum tragenden Ast tangential; Tetrasporen kreuzförmig *Antithamnion*

B. Tetrasporen nicht die Stelle eines Zweigstrahls einnehmend, rechtwinklig zur Ebene des gefiederten Quirlzweiges inserirt, sitzend, kreuzförmig . . . . *Sphondylothamnion*

Callithamnion (*Lyngb. part*)

Alle aufrechten Thallomstrahlen gleichwerthig, theils unbegrenzt, theils früher oder später begrenzt, monopodial-verzweigt, mit einem Tochterstrahl auf einem Glied und mit regelmässig alternirender Stellung; theils nackt, theils mit Berindungsfäden oder Stolonen. Tetrasporen tetraedrisch, bald auf den Strahlen der letzten Ordnungen endständig, bald an denselben seitlichsitzend, je 1 an einem Glied, das keinen Seitenstrahl trägt, an des letztern Stelle. Antheridien an analogen Gliedern wie die Tetrasporen, entweder einzeln an einem Glied (bei A und C) oder 3 in einer Querreihe das Glied umschliessend (bei B). Keimhäufchen an den Aesten und Zweigen seitlich oder terminal.

A. Eucallithamnion = Callithamnion Näg. Algensyst. 198. Tab. VI, 30—37.

Tetrasporen und Antheridien einzeln an einem Glied, seitlich sitzend, am untern Theil der Zweige. Keimhäufchen seitlich, nackt.

Die Strahlen, aus denen eine Pflanze zusammengesetzt ist, sind morphologisch nicht verschieden, oder es lässt sich wenigstens keine Grenze ziehen. Die einen wachsen in die Länge und verzweigen sich, so lange die Pflanze lebt, die andern beendigen vor dieser Zeit ihre Vegetation und zeigen alle möglichen Grössen- und Verzweigungsverhältnisse bis herab zu den einfachen, wenigzelligen Strahlen.

Das Wachsthum ist monopodial, indem der Mutterstrahl stärker sich entwickelt als seine Tochterstrahlen und diese immer als seine Aeste erscheinen. Selten zeigen die Aeste die gleiche oder selbst eine beträchtlichere Höhe als der Strahl, an dem sie befestigt sind, wobei dieser aber seinen Charakter als tragender Spross nicht verliert (so bei C. Arbuscula).

Im Allgemeinen trägt jedes Glied einen Seitenstrahl. Die Verzweigung kann schon auf dem Basilarglied eines Astes beginnen. Meistens bleibt eine grössere oder kleinere Zahl von

Gliedern am Grunde, ebenso immer an der Spitze frei. Es können aber auch zwischen Grund und Spitze ausnahmsweise an einzelnen Stellen ein Glied oder mehrere successive Glieder astlos bleiben. Die kurzen Strahlen der vorletzten Ordnung tragen nur einzelne Zweige an oder unter der Mitte.

Alle Arten von Callithamnion haben die Neigung zu alternirend-fiederartiger [10] Verzweigung (in einer Ebene). Aber diese letztere tritt nur selten (z. B. bei C. tripinnatum) ausschliesslich auf. Bei den meisten Arten (z. B. bei C. Borreri, polyspermum etc.) gehen an dem Stämmchen und den Hauptästen die Seitenstrahlen im untern Theile nach allen Seiten ab und werden erst gegen die Spitze zweizeilig. Dort ist die Divergenz kleiner als $\frac{1}{2}$, oft ist sie $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$; hier beträgt sie $\frac{1}{2}$. Nur die schwächeren Aeste verästeln sich vom Grunde an zweizeilig. Endlich gibt es einige Arten (C. roseum etc.), wo das Stämmchen und die Hauptäste bis zur Spitze und oft auch die schwächeren Aeste und die Zweige am Grunde allseitig verzweigt sind (Divergenz $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$); die alternirend-fiederartige Stellung tritt nur in den am meisten peripherischen Theilen der Pflanze und in den Verzweigungen der letzten Ordnungen auf.

Die Tochterstrahlen an einem Hauptstrahl bilden meistens eine ununterbrochene Spirale, wobei die Divergenz die nämliche bleiben, oder allmählich sich ändern kann. Ist Letzteres der Fall, so findet man gewöhnlich, wie schon angeführt wurde, unten kleinere Divergenzen ($\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}$) oben grössere ($\frac{1}{2}$). Es kommt aber auch häufig vor, dass auf eine grössere Divergenz eine kleinere und dann wieder die grössere folgt; so ist in der

---

(10) Unter gefiederter Verzweigung verstehe ich, wenn die Aeste zweizeilig gestellt sind: und diess entspricht auch dem Begriff, den man mit pinnatus verbindet. In den Beschreibungen der Algologen (z. B. auch bei Kützing) findet man aber sehr oft von Callithamnion-Arten, deren Aeste in 3, 4, 5 Zeilen stehen, den Ausdruck pinnatim-ramosus oder pinnatus, was ein Versehen sein mag, während J. Agardh diese Bezeichnung für jede monopodiale Verzweigung gebraucht und dabei zwischen quoquoversum pinnatus und distiche pinnatus unterscheidet.

Region, wo die alternirend gefiederte Stellung begonnen hat ein Rückfall in $^1/_3$ nicht selten, so dass auf $^1/_2$ dreimal $^1/_3$ oder zweimal $^1/_4$ oder auch viermal $^1/_4$ und dann wieder $^1/_2$ folgt. Es kann ferner an einem Hauptstrahl die Stellung mit der grössern Divergenz beginnen und nach oben allmälig in die kleinere übergehen. So beobachtete ich z. B. an einem Stämmchen von C. roseum von unten nach oben folgende 45 successive Divergenzen: einmal $^1/_2$, zweimal $^7/_{16}$, dreimal $^3/_8$, achtmal $^1/_3$, viermal $^1/_4$, fünfmal $^1/_5$, einmal $^1/_6$, viermal $^1/_4$, einmal $^1/_5$ und $^1/_6$, zweimal $^1/_5$, dreizehnmal $^1/_4$. — Zuweilen findet ein Unterbruch in der Spirale statt, so dass eine einzelne Divergenz sich ganz anders verhält als die übrigen; sie ist z. B. 0 und der nächste Ast steht vertical über dem vorhergehenden; oder sie ist $^1/_2$, während sie sonst $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ beträgt. Auch kann die Spirale dadurch unterbrochen werden, dass die Wendung umschlägt. Diese Unterbrechungen treten meistens ein, wenn ein oder mehrere Glieder astlos sind; sie können aber auch ohne das stattfinden. Abweichende Divergenzen findet man ausserdem besonders am Grunde der Aeste, wo zuweilen 2 oder 3 einseitige (auf der innern Seite befindliche) Aeste auftreten, ehe die alternirende Ordnung beginnt.

Rücksichtlich der Stellung des ersten Astes an einem Seitenstrahl gilt die Regel, dass in der Region der Pflanze, wo die Divergenzen kleiner als $^1/_2$ sind, sein Insertionspunkt von dem des Seitenstrahls am Hauptstrahl um $^1/_4$ absteht. Es schneidet also die Ebene, in welcher der primäre und secundäre Strahl liegen, diejenige, die durch den secundären und ersten tertiären gelegt wird, unter einem rechten Winkel oder wenigstens unter einem Winkel, der von dem rechten nicht allzu entfernt ist. Dieses Verhalten findet man zuweilen auch noch im Anfange der Region, wo die Divergenz $^1/_2$ begonnen hat; dann steht an dem gefiederten Hauptstrahl der gefiederte Tochterstrahl in der Art, dass die beiden Verzweigungsebenen sich kreuzen. In der übrigen (obern) Partie der Region mit $^1/_2$ Divergenz oder auch in der ganzen Region ist die Insertion des ersten tertiären

dem secundären von derjenigen des secundären am
benfalls um $^1/_4$ entfernt; d. h. sie liegt an der innern
ren Strahl zugekehrten Seite. Seltener ist jener Ab-
und der erste tertiäre Strahl ist dem primären abge-
beiden Fällen fallen die Verzweigungsebenen der
Strahlenordnungen zusammen.
. tenuissimum sind die Glieder der Stämmchen und
Aeste unten angeschwollen und erzeugen daselbst,
ich in der Mitte, einen langen meist einfachen ge-
Ausläufer, welcher unter einem rechten Winkel von
mstrahl abgeht. Er befindet sich genau senkrecht
Aste, welcher auf dem obern Theile des gleichen
ht, und ist in der Regel von dem Aste des vorher-
Gliedes, in dessen Nähe er sich befindet, um 90° ent-
Bei den meisten übrigen Arten entspringen aus dem
r Basilarglieder der Aeste ein oder mehrere Berindungs-
che nach unten wachsen und sich spärlich verzweigen.
dicht dem Stämmchen und den Aesten an und bilden
ben eine scheinbare Rinde. — Die morphologische
on Ausläufern und Berindungsfäden ergibt sich aus
lten von C. scopulorum. Die aufrechten Fäden bilden
der Pflanze zahlreiche Stolonen, welche vorzugsweise
Basilargliedern der Aeste, doch hin und wieder auch
n Gliedern und zwar immer seitlich aus dem untersten
es Gliedes entspringen. Sie gehen ziemlich recht-
b, kriechen horizontal fort (ohne Haftwurzeln zu bil-
zweigen sich hin und wieder auf dem apikalen Ende
er, und erzeugen aufrechte Thallomstrahlen (je 1, sel-
s dem basilaren Theile eines Gliedes. Einzelne dieser
achsen, sich verzweigend, wie Berindungsfäden inner-
dicken Gallertmembran der Stämmchen und Aeste
weniger weit nach unten, verlassen dieselben dann
lten sich nun wie die übrigen Stolonen. So weit sie
ungsfäden auftreten, haben sie längere und schmälere

Glieder; sowie sie zu Ausläufern sich umwandeln, werden ihr Glieder kürzer und stärker.

Bei einigen Arten sind die stärkeren Strahlen mit Adventiv ästen bedeckt. Dieselben entspringen aus den Berindungsfäde und zwar fast ausschliesslich aus dem obersten Theile derselber nämlich aus den 3 — 6 ersten Gliedern. Sie gehen fast unte einem rechten Winkel ab, biegen sich aber bald aufwärts. Si können aus dem obern (basilaren) Ende oder aus der Mitte de Gliedes entstehen, indess eine Berindungsverzweigung immer vo dem untern (apikalen) Ende der langen Gliederzelle abgeht. — Die Adventiväste sind bald kurz und unverzweigt, bald länge und verzweigt. Die Verzweigung beginnt, wie diess auch be den normalen Aesten gewöhnlich der Fall ist, in einiger Entfernung von der Basis.

Die Tetrasporen sitzen seitlich je 1 auf einem Glied, häufi bloss an den Strahlen der letzten Ordnung, also an einfache Zweigen. Zuweilen kommen sie sowohl an den Strahlen de letzten als auch der vorletzten und selbst der drittletzten Ordnung vor, also an verästelten Zweigen. In diesem Falle könne die Tetrasporen unterhalb der letzten einfachen oder fast einfache Seitenzweigen, oder über denselben, oder gemischt mit denselbe stehen; Letzteres in der Weise, dass der Strahl der vorletzte Ordnung zuerst 1 oder 2 Zweige, dann mehrere Tetraspore und nachher wieder einige Zweige trägt, oder so, dass zuers Tetrasporen dann Zweige und zuletzt wieder Tetrasporen folge oder endlich so, dass die einzelnen Tetrasporen und Zweige m einander alterniren. Diese verschiedenen Verhältnisse beobachte man bei C. Arbuscula, roseum, Hookeri, scopulorum. Im All gemeinen stehen die Tetrasporen vorzugsweise an dem unter Theil der Strahlen der letzten Ordnungen.

Gewöhnlich befinden sich die Tetrasporen einseitig und zwa auf der innern dem relativen Hauptstrahl zugekehrten Seite i der Zahl von 1—12 auf den untersten Gliedern. Doch gibt e hievon Ausnahmen. Es können einzelne oder mehrere Gliede unterhalb oder zwischen den fertilen Gliedern frei bleiben. Zu

weilen stehen einzelne Tetrasporen auf der äussern Seite, woraus mehr oder weniger eine alternirend-zweizeilige Anordnung hervorgeht. Wenn die Pflanze bis unmittelbar an die sporentragende Region kleinere Divergenzen als $^1/_2$ zeigt, so bieten zuweilen auch die Tetrasporen ungewöhnliche Stellungen dar. Die erste steht dann nicht immer zu- oder abgekehrt sondern auch rechts oder links (von dem Insertionspunkt des Mutterstrahls um 90° abstehend). Die folgenden können, besonders wenn sie mit Zweigen alterniren, ausnahmsweise eine Spirale mit $^1/_4$ oder $^2/_7$ Divergenz bilden, oder auch alternirend in 2 Längsreihen, welche um $^1/_4$ oder $^1/_3$ des Umfanges von einander entfernt sind, auf der innern Seite des Mutterstrahls stehen.

Die Tetrasporen haben die Stellung von vegetativen Strahlen und sind also die metamorphosirten Strahlen der letzten Ordnung. Am deutlichsten zeigt sich diess in denjenigen Fällen, wo sie mit Zweigen gemischt vorkommen und mit denselben eine Spirale bilden. Aber auch in allen andern Fällen kann man annehmen, dass die Tetraspore die Stelle eines vegetativen Strahls einnimmt, wie sich aus einer Erwägung der Verzweigungsverhältnisse ergibt. Wie ich oben ausführte, haben die Arten von Callithamnion die Neigung wenigstens in ihren obern und peripherischen Theilen sich in einer Ebene zu verzweigen. Die Strahlen der letzten Ordnungen sind alternirend-gefiedert, und zuweilen stehen die letzten Zweige auch einseitig (nicht selten bei C. Arbuscula, ausnahmsweise bei C. scopulorum u. A.) Diese einseitige Stellung findet sich fast immer am Grunde der Strahlen der vorletzten Ordnung und auf ihrer innern Seite. Das nämliche Verhalten zeigen auch die Tetrasporen; nur ist es bei diesen normal. Bei den meisten Arten ändert sich die Verzweigung von den untern und centralen zu den obern und peripherischen Theilen der Pflanze, indem zuerst die Strahlen nach allen Seiten abgehen, dann alternirend-zweizeilig gestellt sind mit verschiedenen Verzweigungsebenen für Mutter- und Tochterstrahl, dann alternirend-zweizeilig mit der gleichen Verzweigungsebene, — und als

letzte Steigerung tritt nun die einseitige Stellung auf, welche selten für die vegetativen Strahlen, normal für die Tetrasporen statt hat — Bei C. Gaudichaudii stehen die Seitenstrahlen an den Stämmchen und stärkern Aesten nach allen Seiten; an den Zweigen sind sie zweizeilig und liegen in einer tangentialen Verzweigungsebene. Am Grunde eines Zweiges findet man sehr häufig 2 oder 3 einseitig gestellte Seitenstrahlen. Die Tetrasporen haben die gleiche Stellung; sie befinden sich zu 2 oder 3 rechts oder links (nicht auf der innern Seite wie J. Agardh sagt; nur selten scheinen sie innen oder aussen angeheftet zu sein, ich bin aber nicht sicher, ob sie es wirklich sind).

Die Antheridien (bei C. roseum, C. bipinnatum, C. stupposum, C. polyspermum) haben eine den Tetrasporen ganz analoge Stellung; sie befinden sich seitlich an den Strahlen der letzten, auch der vorletzten und selbst der drittletzten Ordnung, und zwar in der Regel auf der innern, dem relativen Hauptstrahl zugekehrten Seite[11], einzeln an einem Glied.

Die Keimhäufchen sind opponirt oder in scheinbar quirlartigen Anhäufungen, nie endständig. Wenn sie in den Beschreibungen etwa terminal genannt werden (z. B. Harvey in Phyc. brit. bei C. Hookeri), so ist das nur sehr uneigentlich zu verstehen. Der Strahl, an dem die Keimhäufchen befestigt sind, reicht noch ein gutes Stück über dieselben hinaus, ist aber häufig etwas seitlich geschoben. Der Zweig, der an dem nämlichen Glied zwischen ihnen steht, ist gewöhnlich ausgebildet. Das Trichophor besteht aus 4 Zellen, 2 länglichen fast von gleicher Länge neben einander liegenden und neben denselben aus einem Paar über einander stehender kürzerer Zellen, von denen die obere das Haar trägt (C. roseum). Die Glieder, an wel-

---

(11) Derbès et Solier bilden an Callithamnion roseum auch achselständige Antheridien ab (Mém. sur la phys. des Algues Pl. XVII, 1–2); allein zweifellos ist die Bestimmung unrichtig; die Pflanze gehört einer der Arten von Poecilothamnion an.

chen Keimhäufchen befestigt sind, bleiben meistens kürzer als die übrigen, zuweilen sehr kurz. — Bei C. bipinnatum Crouan fand ich an einem mit Keimhäufchen begabten Exemplar auch zahlreiche Antheridien; und zwar selbst an dem Fiederzweig, welcher dem Trichophor opponirt ist, so wie an den nächst obern und untern Fiederzweigen.

Zu Eucallithamnion gehören folgende Arten und Formen: C. scopulorum Ag., C. hirtellum Zanard., C. decompositum (Gratel.) J. Ag., C. pulcherrimum Crouan, C. tenuissimum (Bonnem.) Kg., C. tripinnatum (Gratel.) Ag., C. bipinnatum Crouan, C. polyspermum (Bonnem.) Ag., C. Grevillii Harv., C? fasciculatum Harv., C. implicatum Suhr, C. roseum (Roth) Harv., C? Furcellariae J. Ag., C? acrospermum J. Ag., C. Hookeri (Dillw.) Lyngb., C. spinosum Harv., C. Arbuscula (Dillw.) Lyngb., C. Gaudichaudii Ag., C. stupposum Suhr. — Typus C. roseum. — C. stupposum bildet die wahrscheinlich tetraedrischen Tetrasporen wie die übrigen Arten am untern Theil und auf der innern Seite von einfachen oder an der Spitze verästelten Zweigen in der Zahl von 4 — 9 hinter einander. Die halbkugeligen Antheridien haben die gleiche Stellung.

B. Dasythamnion[12].

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, früher oder später begrenzt mit dornförmiger Spitze; monopodial-verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied, unten berindet. Tetrasporen tetraedrisch, seitlich an den Strahlen der letzten Ordnungen mehr an dem obern Theile derselben, sitzend, je 1 an einem Glied, das keinen Seitenstrahl trägt, an des letztern Stelle. Antheridien seitlich an analogen Gliedern wie die Tetrasporen, je 3 in einer Querreihe ein Glied umschliessend. Keimhäufchen in der Nähe der Zweigenden, seitlich, nackt.

---

(12) δασὺς, rauh, dichtbehaart; θαμνίον, kleiner Strauch.

Dasythamnion stimmt im Allgemeinen mit Callithamnion überein. Der Wuchs ist ebenfalls monopodial. In allen Strahlen hört das Scheitelwachsthum früher oder später auf; die ausgewachsenen Enden spitzen sich zu und ihre Glieder nehmen bald rascher bald langsamer an Länge und Breite ab. Hin und wieder kommt es vor, dass ein Ast, der unweit eines solchen begrenzten Endes entspringt, sich beträchtlich über dasselbe erhebt, ohne jedoch wirklich als die (sympodiale) Fortsetzung des Mutterstrahls zu erscheinen. — Die Divergenz ist an den stärkern Strahlen in der Regel bis zur Spitze kleiner als $^1/_2$ (oft $^1/_3$ oder $^1/_4$). An den schwächern Zweigen findet häufiger alternirend-zweizeilige und auch einzeilige Verzweigung statt (Divergenz = $^1/_2$ und 0); im letztern Falle stehen die Seitenstrahlen auf der innern Seite. Zuweilen tritt auch statt der einzeiligen eine einseitig zweizeilige Stellung auf, indem die Wendung mit jedem Schritte wechselt. Die beiden Zeilen sind um $^1/_4$ oder $^1/_3$ des Umfanges von einander entfernt. Ich beobachtete 3 — 6 successive Aeste mit dieser eigenthümlichen Anordnung theils am Grunde von schwächern Strahlen, theils mitten in einer sonst regelmässigen Spirale von stärkern Strahlen.

Die Berindungsfäden, welche aus den Basilargliedern der Aeste entspringen, tragen auf ihren obersten Gliedern Adventiväste. Die Verzweigungsebene der letztern geht gewöhnlich durch den Berindungsfaden, von dem sie entspringen. — Ausser diesen Berindungsadventivästen gibt es noch eine andere Art von Adventivästen. Dieselben entspringen aus dem Grunde oder der Mitte des ersten wohl auch noch des zweiten Gliedes eines Seitenstrahls, während die normalen Aeste oft erst auf dem 7. bis 16. Glied beginnen und auf dem obern Theil der Gliederzellen angeheftet sind.

Die Tetrasporen stehen an den Strahlen der letzten und vorletzten Ordnung. An kürzern Strahlen beginnen sie auf dem 1., 2. oder 3. Glied; an längern Strahlen befinden sie sich meist nur auf den obern Gliedern, während die untern Glieder Zweige tragen. Sie können auch (besonders an Strahlen von

mittlerer Länge) in verschiedener Weise mit Zweigen wechseln. Sie befinden sich in der Regel auf der innern Seite bald einzeilig, bald alternirend-zweizeilig, wobei die beiden Zeilen um $^1/_4$ oder $^1/_3$ des Umfanges von einander abstehen. Im letztern Falle steht die Tetraspore des Basilargliedes meistens rechts oder links (nicht auf der innern Seite). Selten geht diese alternirend-zweizeilige Stellung, namentlich wenn die Tetrasporen mit Zweigen gemischt auftreten, in die Spiralstellung über. — Dass die Tetrasporen den Platz von Zweigen einnehmen, ist oft überaus deutlich.

Es gibt nicht selten Tetrasporen, bei denen man in Versuchung kommen könnte, sie für kreuzförmig-getheilte zu halten, indem eine gerade bald etwas zickzackförmige bald gebogene Querwand zwei obere und zwei untere Sporen trennt. Allein diese Anordnung geht durch alle möglichen Mittelstufen in die reine tetraedrische Bildung über. Ferner entstehen die Wände, welche die 4 Sporen von einander trennen, immer gleichzeitig; nie beobachtet man eine halbirte Mutterzelle, wie das bei der kreuzförmigen Theilung in einem bestimmten Stadium immer der Fall ist.

Die Antheridien werden zu 3 auf einem Gliede angelegt, indem von der Gliederzelle 3 seitliche Zellen abgeschnitten werden. Die erste derselben hat die gleiche Stellung, wie eine Tetraspore, befindet sich also auf der innern, dem Hauptstrahl zugekehrten Seite des Zweiges (Fig. 11, c, d, g), während die beiden andern rechts und links liegen, von der ersten um $^1/_4$ oder $^2/_7$ des Umfanges entfernt (Fig. 11, e, f, h, i). Aus jeder dieser 3 Zellen entspringt durch wiederholte Theilungen ein Complex von Zellen, wobei immer von den peripherischen Zellen durch schiefe Wände meist in sehr regelmässiger Weise wieder peripherische Stücke abgeschnitten werden. Zuerst bilden diese Zellen eine einfache Schicht, welche mit Bezug auf den tragenden Zweig dem Theil eines Cylindermantels entspricht. Nachher werden von demselben auch auf der äussern (von dem tragenden Zweig abgekehrten) Seite Stücke abge-

schnitten, und der Complex wird 2-schichtig, bleibt aber immer zusammengedrückt. Das letzte Produkt der Zellenbildung sind die Samenzellchen, welche die ganze Oberfläche bedecken. — Die Antheridien eines Gliedes und der successiven Glieder eines Zweiges sind in den frühesten Stadien von einander getrennt. Mit zunehmender Grösse dehnen sie sich nach oben und seitlich aus; nach oben bedecken sie bald den Grund der auf dem nächsten Glied stehenden Antheridien; nach der Seite trifft das erste mit dem zweiten und dritten zusammen und verschmilzt mit denselben in eine continuirliche Masse; am Rücken des tragenden Zweiges nähern sie sich ebenfalls und lassen daselbst nur eine schmale zuweilen selbst verschwindende Rinne zwischen sich (Fig. 10, b). Alle Antheridien eines Zweiges bilden dessnahen eine ununterbrochene Masse, gleichsam einen Mantel der am Rücken des Zweiges rinnenförmig geöffnet ist. Sie haben die grösste Aehnlichkeit mit den gleichen Organen von Polysiphonia, nur dass den letztern die Längsrinne mangelt. Fig. 9 zeigt die Anhäufungen von Antheridien im entwickelten, Fig. 11 im unentwickelten Zustande von der Seite, Fig. 10 im Querschnitt; † † † sind die Basilarglieder der 3 Antheridien.

Die Antheridien stehen an den Fiederstrahlen der letzten und vorletzten Ordnung, an dem Hauptstrahl der Adventivzweige, welche aus den Berindungsfäden und den Basilargliedern der Aeste entspringen, sowie an den Seitenstrahlen desselben. Wenn der tragende Zweig sehr kurz ist und einfach, so wird er von der Antheridienmasse in seiner ganzen Länge bedeckt; dabei bleibt aber immer die Scheitelzelle, meistens auch das Glied unter derselben und das Basilarglied frei (Fig. 9, b). Ist der Zweig länger (einfach oder verästelt), so ist nur sein (einfacher) Endtheil antheridientragend, wobei ebenfalls immer die Scheitelzelle und gewöhnlich auch die oberste Gliederzelle steril sind (Fig. 9, a, c, d).

Die Keimhäufchen stehen an den letzten Verzweigungen und zwar vorzugsweise an dem obern Theil derselben; sehr häufig werden sie auf der letzten Gliederzelle (unter der

Scheitelzelle) angelegt. Nicht selten trägt ein Strahl auf mehrern Gliedern Keimhäufchen, aber kaum je auf 2 unmittelbar einander folgenden. Meistens ist je das zweite Glied etwas verkürzt und fertil. — Die erste von der Gliederzelle abgeschnittene Zelle (Fig. 12, c) wächst bald in einen längern oder kürzern Zweig aus, bald bleibt sie klein und ungetheilt. — Das Trichophor (Fig. 12, d) besteht aus 4 oder 5 Zellen; sind es vier Zellen, so stehen wie bei Callithamnion, 2 längliche und das Haar tragende Paar neben einander; sind es fünf, so hat sich die seitliche der beiden länglichen Zellen quer getheilt, so dass eine längliche Zelle sich zwischen 2 Paaren befindet, von denen das eine mit einem Haar gekrönt ist (Fig. 12, B, zwischen e und f).

Dasythamnion unterscheidet sich von Callithamnion A durch den eigenthümlichen Habitus, durch die in dornähnliche Spitzen ausgehenden Strahlen (an Dorythamnion erinnernd), durch die Stellung der Tetrasporen, Antheridien und Keimhäufchen, welche alle das Bestreben zeigen an die Enden der Strahlen zu rücken (während bei Callithamnion A die Tetrasporen und Antheridien vorzugsweise am untern Theil der letzten Strahlen, die Keimhäufchen in grösseren oder geringeren Entfernungen von der Spitze sich befinden), besonders aber durch die eigenthümliche Anordnung der 3 Antheridien rund um ein Glied. Dieser letztere Charakter, verbunden mit den übrigen, scheint mir so wichtig, dass sich vielleicht die generische Verschiedenheit rechtfertigen liesse.

Zu Dasythamnion gehört D. tetricum (Dillw.), vielleicht auch D. hirtum (Hook fil. et Harv.) und D. scoparium (Hook fil. et Harv.)

C. Pleonosporium[13] (Mscr. 1849).

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, monopodial-verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied, unten mit abstehenden Ausläufern. Polysporen seitlich an den Strahlen der letzten

---

(13) πλέονες, mehrere.

Ordnungen sitzend, je 1 an einem Glied, das keinen Seitenstrahl trägt, an des letztern Stelle. Antheridien seitlich, einzeln an analogen Gliedern wie die Polysporen. Keimhäufchen an den Zweigen terminal, von Hüllzweigen umgeben.

Das morphologische Verhalten stimmt ganz mit dem von Callithamnion überein. Mit Ausnahme des Basilar- und des Apikaltheiles tragen in der Regel alle Glieder je einen Seitenstrahl. In dem centralen und untern Theil der Pflanze beträgt die Divergenz $^1/_5$, $^1/_4$ oder $^1/_3$ und die Seitenstrahlen gehen nach allen Richtungen ab; an den obern und peripherischen Theilen beträgt die Divergenz $^1/_2$ und die Verzweigung ist alternirend-gefiedert.

Aus dem Basilarglied der Aeste entspringen einzelne gegliederte und verzweigte Fäden, welche abwärts wachsen, sich aber nicht zu einem Rindengeflecht zusammen und an die Hauptstrahlen anlegen, sondern abstehend und frei sind, bis sie sich zuweilen mit dem untern Ende an einen Gegenstand (häufig auf einen Ast der gleichen Pflanze) festsetzen. Gewöhnlich kommt ein solcher Ausläufer von der äussern Seite des Grundes des Basilargliedes. Zuweilen folgt darauf noch ein zweiter, der ebenfalls auf der äussern Seite sich befindet, aber höher (in der Mitte oder über der Mitte) inserirt ist. Auch das zweite Glied des Astes kann aus seiner Basis einen Ausläufer entsenden.

Die Sporenmutterzellen sitzen an dem untern Theil der Strahlen letzter und vorletzter Ordnung auf der innern Seite in einer Reihe. Es sind wie bei Callithamnion metamorphosirte Zweige. Ihr Inhalt theilt sich in 20—28 Sporen (Fig. 17)[14]. — Harvey (Phyc. brit. Pl. CLIX) sagt, die Mutterzellen enthielten zuweilen 8 Körner, von denen jedes bei der Reife zur Tetra-

---

(14) Die mit Sporen gefüllten Mutterzellen haben die grösste Aehnlichkeit mit Keimhäufchen. Man trifft auch Exemplare in den Herbarien, welche die unrichtige Bezeichnung „cum favellis" tragen. Ich habe früher ebenfalls den Irrthum begangen, diese Organe als Keimhäufchen abzubilden (Algensysteme VI, 31).

spore werde und in 4 Sporen sich theile. Diess stimmt mit meinen Untersuchungen nicht überein. Ich finde immer, dass der Inhalt in eine grössere Zahl von Zellen zerfällt, welche sich von einander trennen und was Aussehen und Inhalt betrifft von Sporen nicht zu unterscheiden sind. Ich sehe nichts, was zu der Annahme berechtigte, sie seien das Produkt von mehreren Tetrasporen; denn sie sind nie in Gruppen zu 4 vereinigt. Auch ist ihre Zahl dieser Vermuthung entgegen; denn sie ist nicht ein Mehrfaches von 4. In 13 untersuchten Fällen fand ich 4 mal 20, 2 mal 21, 3 mal 24, 1 mal 25, 1 mal 27, 2 mal 28 Sporen. Wahrscheinlich sind sie durch einmalige Viertheilung und dann durch wiederholte Zweitheilung entstanden und die verschiedenen Zahlen die Folge davon, dass in den einen Zellen die Theilung noch fortdauerte, indess sie in den übrigen aufgehört hatte. Diese Ansicht wird auch dadurch unterstützt, dass bei ungerader Zahl die Zellen oft deutlich eine ungleiche Grösse zeigen; so fand ich bei 21 Zellen drei, bei 27 eine fast doppelt so gross als die übrigen. Zur Bestätigung dient endlich auch die Analogie von Herpothamnion, wo die in den Mutterzellen enthaltenen Sporen in jeder Zahl von 4 bis 16 auftreten.

Die Antheridien haben die gleiche Stellung wie die Sporenmutterzellen (nach der Zeichnung Harvey's).

Die Keimhäufchen stehen zu zweien oder einzeln, indem das andere unentwickelt bleibt, an den Enden der Zweige umhüllt von mehrern dünnen und kurzen Zweigen. Sie werden an der obersten Gliederzelle angelegt. An einem sonst normal gebauten Zweig bleiben die beiden obersten Zellen (Scheitelzelle und letzte Gliederzelle) verkürzt. Die Scheitelzelle wächst und theilt sich nicht mehr. Die oberste Gliederzelle theilt sich in eine Central- und 4 Seitenzellen. Die erste Seitenzelle liegt dem Seitenstrahl des vorausgehenden Gliedes gegenüber; sie bleibt klein und ungetheilt und stellt den verkümmerten Seitenstrahl dar. Die zweite Seitenzelle ist der ersten opponirt; aus ihr entsteht das Trichophor, welches ähnlich wie bei Callithamnion gebaut scheint und ein ziemlich langes Haar trägt. Die

dritte und vierte Zelle erzeugen die Keimhäufchen. In den jüngsten Zuständen bilden alle die genannten Zellen sammt der Scheitelzelle eine kugelige von einer Gallertmembran umschlossene Zellgruppe, welche auf der dem nächst vorhergehenden Seitenstrahl zugekehrten Seite das Haar zeigt. Wenn die Keimhäufchen sich ausbilden, so sind die Scheitelzelle, der verkümmerte Seitenstrahl und das Trichophor gewöhnlich nicht mehr zu erkennen. — Bei der Bildung der Hüllzweige tritt eine Abweichung von der gewöhnlichen Verzweigung ein. Während sonst ein Glied nur einen Tochterstrahl trägt, kommen aus den 2 oder 3 Gliedern, welche unmittelbar unter den Keimhäufchen sich befinden, ausser dem normalen Seitenstrahl noch 2 oder 3 Adventivzweige, welche alle sich nach innen biegen und die Keimhäufchen umhüllen.

Pleonosporium, das wegen der Polysporen und der terminalen umhüllten Keimhäufchen wohl eine besondere Gattung bilden dürfte, hat nur eine sichere Art: P. Borreri (Sm.) Ich füge derselben fragsweise eine zweite bei: P. constrictum (Hering). Bei dieser Pflanze entwickeln sich die Seitenstrahlen zuweilen stärker als der Hauptstrahl und geben den obersten Verzweigungen ein falsches sympodiales Aussehen, was auch bei P. Borreri vorkommt. Am untern Theil der Pflanze befinden sich zahlreiche abstehende Ausläufer wie bei Borreri. Die Keimfrüchte sind terminal wie bei Pleonosporium, Herpothamnion und Lejolisia; aber ich kenne sie nur in den jüngsten Stadien und weiss nicht, ob sie sich zu Keimhäufchen, Keimköpfchen oder Keimbehältern ausbilden. Sporenbildung unbekannt. Habitus ähnlich wie bei P. Borreri.

D. Compsothamnion[15] (Mscr. 1849).

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, monopodial-verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied; ohne Berindung. Tetra-

(15) κομψὸς, geschmückt, zierlich.

sporen tetraedrisch, auf den Strahlen der letzten Ordnungen endständig. Antheridien? Keimhäufchen an den Zweigen lateral.

In der vegetativen Entwicklung besteht die grösste Verwandtschaft mit Callithamnion A. Die Verzweigung ist monopodial, und jedes Glied trägt einen Tochterstrahl. Zuweilen indessen bleibt das erste Glied, in den obern Theilen der Pflanze oft das erste und zweite, das erste und dritte oder die drei ersten Glieder frei. — Das Basilarglied ist an den stärkern Aesten bedeutend kürzer als die folgenden, besonders wenn es keinen Seitenstrahl trägt; an den mittlern Aesten ist es von gleicher Länge wie das zweite Glied; an den obersten Zweigen länger als dasselbe.

Die Seitenstrahlen stehen alternirend rechts und links (Divergenz = $^1/_2$); sehr selten befinden sich einmal zwei successive auf der nämlichen Seite. Da an dem Seitenstrahl der erste Zweig mit einer Divergenz (vom Ursprung des Seitenstrahls) von $^1/_2$ oder auch 0 beginnt, so liegen alle Strahlen einer Pflanze in der nämlichen Ebene. Doch gibt es hievon Ausnahmen, indem an dem untern Theil der Stämmchen und der stärkern Aeste die Divergenzen zuweilen $^1/_3$ — $^1/_4$ betragen und daher ihre Seitenstrahlen nach allen Seiten abstehen. In diesem Falle beginnt die strenge alternirend-fiederartige Verzweigung erst in den mittlern Partien der Pflanze.

Wenn der erste Tochterstrahl eines Seitenstrahles auf dem Basilarglied steht, so ist er constant nach innen gekehrt; befindet er sich auf dem zweiten Glied, nach aussen; auf dem dritten, nach innen. Wenn an den obersten Zweigen zuweilen einzelne Glieder frei bleiben, so setzt sich in der Regel die Verzweigung so fort, als ob auch die vorhergehenden Glieder alternirende Seitenstrahlen trügen.

Die Tetrasporen sind metamorphosirte Scheitelzellen von Strahlen der letzten und vorletzten Ordnung. Sie sind also endständig, theils auf einfachen 1—5gliedrigen Zweigen, theils auf 3—10gliedrigen, welche mehr oder weniger vollständig mit einfachen sterilen oder in Tetrasporen endigenden Fiedern bedeckt sind.

Die Keimhäufchen scheinen sich wie bei Callithamnion A zu verhalten.

Compsothamnion, zu welchem die beiden Arten: C. thuyoides (Sm.) und C. gracillimum (Harv.), ferner wahrscheinlich auch C. truncatum (Menegh.) gehören, unterscheidet sich von Callithamnion A durch die gestielten Tetrasporen, und dürfte, wenn die Antheridien bekannt sind, als besonderer Gattungstypus sich ausweisen. Ob Callithamnion latissimum Hook. f. et Harv. wegen der gestielten Tetrasporen hieher zu stellen sei, kann ich aus der Beschreibung nicht entscheiden.

Dorythamnion[16] (Mscr. 1844).

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, sympodial-verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied und regelmässig alternirender Stellung, in eine dornförmige Spitze endigend; später berindet. Tetrasporen tetraedrisch, seitlich an den Strahlen der spätern Ordnungen sitzend, je 1 an einem Glied, das keinen Seitenstrahl trägt, an des letztern Stelle. Antheridien seitlich, einzeln an analogen Gliedern wie die Tetrasporen. Keimhäufchen an den Zweigen lateral, nackt.

Der sympodiale Wuchs ist an den Enden der Aeste oft sehr deutlich zu sehen (Fig. 8); die begrenzten Strahlen werden durch den auf ihrem Basilarglied stehenden Tochterstrahl



[redacted]

links, 90° von der Anheftungsstelle des letztern entfernt, auf der kathodischen Seite; der zweite Zweig befindet sich aussen. — Die ziemlich starken Zweige endigen mit 3 bis 4 kleinen Zellen, von denen die letzte oft nicht mehr als 4 Mik. Länge und Weite des Lumens hat. — Die dünnen Berindungsfäden entspringen zunächst aus den Basilargliedern der Aeste, nachher auch aus andern Gliedern derselben. Ein Glied erzeugt deren einen oder mehrere.

Die Tetrasporen stehen immer an den einfachen Seitenzweigen, auf deren innern Seite, und meist gegen das Ende derselben, zuweilen auch in der Mitte oder am Grunde. Es sind 2 oder 3 successive Glieder, welche je eine Tetraspore auf ihrem obern Theile tragen. — Die Antheridien sind ziemlich gross, halbkugelig, aus vielen kleinen Zellen zusammengesetzt. Sie kommen ebenfalls auf 2 — 4 successiven Gliedern der einfachen Zweige vor, und stehen einzeln an der obern innern Seitenfläche eines Gliedes (Fig. 30).

Die Keimhäufchen werden ganz auf gleiche Weise angelegt wie bei Callithamnion A. Sie stehen auf einem Glied, das einen meist kurzen Seitenstrahl trägt, gewöhnlich zu 2 gegenüber, zuweilen einzeln indem das andere in seiner Entwicklung zurückbleibt. Sie befinden sich in dem obersten Theil der verzweigten Aeste, sind aber nie terminal. Das Trichophor besteht ebenfalls wie bei Callithamnion A aus 2 länglichen parallelen Zellen und einem Paar kürzerer Zellen daneben, von denen die obere das Haar trägt.

Zu Dorythamnion gehören die bisher zu Callithamnion (Phlebothamnion) gezählten: D. tetragonum (With.), D. brachiatum (Bonnem.), D. Baileyi (Harv.), D? guttatum (Bonnem.)

Herpothamnion[17] (Mscr. 1844).

Von kriechenden mit Haftwurzeln festsitzenden unberindeten

(17) ἕρπω, kriechen.

Thallomfäden erheben sich aufrechte ebenfalls nackte Aeste; die Strahlen dieser letztern gleichwerthig, monopodial-verzweigt, mit 1 oder 2 gegenüberstehenden Tochterstrahlen auf einem Glied und vorzugsweise mit opponirt-gefiederter, einseitiger oder vager Stellung. Tetraedrische Tetrasporen oder Polysporen auf den Strahlen der letzten Ordnungen endständig, oder an denselben seitlich-sitzend je 1 an einem Glied, das keinen Seitenstrahl trägt, an des letztern Stelle. Antheridien terminal oder lateral. Keimköpfchen terminal, von Hüllzweigen umgeben.

Die kriechenden Fäden verzweigen sich spärlich, je auf dem 6. bis 20. Glied, wobei die Seitenstrahlen rechts oder links am Apikalende der Gliederzellen eingefügt sind. Sie scheinen unbegrenzt sich zu verlängern, wobei die Spitze sich nie erhebt, um einen aufrechten Ast zu bilden. Auf der untern Seite der niederliegenden Fäden befinden sich kurze Haftwurzeln; es sind einzellige Wurzelhaare, welche sich am Ende in eine gelappte Haftscheibe erweitern. Sie kommen bald zahlreicher bald spärlicher vor; ein Glied erzeugt nur eine Haftwurzel, meist an seinem Basilarende, seltener in der Mitte. — Auf der obern Seite der niederliegenden Fäden stehen die verticalen Aeste, je einer (selten je 2 fast gegenüber) auf allen successiven Gliedern oder nur auf je dem 2. bis 7. Sie entspringen in der Regel nahe dem Apikalende (doch nicht so nahe wie die niederliegenden Fäden), zuweilen in der Mitte des Gliedes.

Die aufrechten Fäden können von der Basis an sich verästeln; häufiger sind sie am Grunde nackt; weiterhin tragen sie bald auf allen Gliedern Tochterstrahlen, bald sind einzelne Glieder oder Gruppen von Gliedern ohne Verzweigung, bald sind auch nur einzelne Glieder verzweigt. Die Aeste und Zweige verhalten sich ebenso; die Verästelung beginnt an denselben häufig auf dem ersten, zuweilen auf einem höhern Glied, und setzt sich dann mit oder ohne Unterbrechung fort. Die Seitenstrahlen sind opponirt und einzelstehend; Ersteres häufiger an den centralen, Letzteres an den peripherischen Theilen. Die opponirten Seitenstrahlen liegen alle in einer Ebene, oder die

successiven Paare kreuzen sich mehr oder weniger rechtwinklig. Die einzelständigen Seitenstrahlen alterniren bisweilen, meistens aber stehen sie einseitig. Die typische Stellung der Verzweigungen ist die opponirte und die unilaterale. — Die aufrechten Strahlen scheinen alle begrenzt zu sein. Die einen endigen in Scheitelzellen, die sich nicht mehr theilen; die andern zeigen abgebrochene Enden, indem die obersten Zellen abgefallen sind; dabei erheben sich die letzten Seitenstrahlen häufig über den begrenzten Mutterstrahl, ohne aber je dessen sympodiale Fortsetzung zu bilden.

Die Tetrasporen sind bei A. Euerpothamnion immer die Scheitelzellen von kurzen Seitenstrahlen. Zuweilen stehen sie auf einem unverzweigten 1—5 zelligen Stiel. Meistens verzweigt sich der Stiel, indem die Seitenstrahlen meist wieder in Tetrasporen endigen. Zuweilen erkennt man die letztern fortwährend als seitliche Gebilde, und diess namentlich in dem seltenen Falle, wenn die Seitenstrahlen opponirt sind, aber auch dann, wenn der primäre Sporenstrahl mehrgliedrig ist. Ist aber derselbe eingliedrig, steht also die Tetraspore auf einem einzelligen Stiel und trägt dieser einen Seitenstrahl, so wird der letztere nach und nach zur scheinbaren Fortsetzung des primären Strahls und die Tetraspore des primären wird zur Seite geschoben. Dieser Vorgang kann sich noch ein- oder zweimal wiederholen, und der sporentragende Zweig wird zum Sympodium, welches eine terminale und 2 oder 3 seitliche Tetrasporen trägt (Fig. 14, 15, 16). Der sporentragende Zweig kann auch in 2 oder 3 Sympodien sich theilen und so eine traubenförmige Anhäufung von Tetrasporen darstellen. Wenn man nicht genau die Entwicklungsgeschichte studirt, so täuscht man sich sehr leicht über die Stellung der Tetrasporen. Sie wurden bisher nach dem äussern Anschein als seitlich und sitzend beschrieben. Sie sind aber in der That alle ursprünglich gestielt, und somit morphologisch den terminalen Tetrasporen von Callithamnion D Compsothamnion entsprechend. Auch C Anisarithmium und zum Theil D Meristosporium haben gestielte Sporenmutterzellen. Bei B

Rhizophyes und zum Theil bei D Meristosporium ist ihre Stellung dagegen die nämliche wie bei Callithamnion A. Die Sporenmutterzellen sind nämlich lateral-sitzend und vertreten einen ganzen Seitenstrahl. Dabei sind sie nach allen Seiten gekehrt, haben aber eine Vorliebe für einseitige Anordnung, und zwar befinden sie sich häufiger an dem untern Theil eines Astes auf dessen innerer oder äusserer Seite, auch wohl rechts oder links, seltener höher an einem Ast über den vegetativen Verzweigungen desselben.

Die Sporenmutterzellen theilen sich tetraedrisch in 4 Sporen. Bei C Anisarithmium und D Meristosporium folgt auf diese tetraedrische Viertheilung noch ein- oder mehrmalige Zweitheilung. Zuletzt findet man 6—16 Sporen in einer Mutterzelle. Sie liegen wie bei Pleonosporium in einer kugeligen Schicht und sind, ehe sie sich vollständig von einander trennen, im Centrum durch stielartige Verlängerungen mit einander verbunden.

Terminale Antheridien wurden bei H. hermaphroditum beobachtet; es sind länglich-ovale Organe, die auf 1—2gliedrigen Stielen stehen (Fig. 28). Offenbar ähnliche Gebilde wurden von Derbès et Solier bei ihrer Wrangelia minima aber sitzend abgebildet. (Ann. sc. nat. 1850, XIV Pl. 35). — Bei Herpothamnion (Anisarithmium) strictum finde ich an dem untern Theile der Strahlen der letzten Ordnungen je ein Antheridium auf der innern Seite eines Gliedes. Dasselbe besteht aus mehrern Tragzellen mit vorzugsweise opponirt-fiederartiger Verzweigung und aus vielen Samenzellchen, welche meist zu 2 auf den oberflächlichen Tragzellen stehen. Eine genaue Untersuchung war wegen der unvollständigen Erhaltung nicht möglich; es scheinen aber diese Organe den seitlichen Antheridien von Callithamnion nicht den terminalen Antheridienkörpern analog zu sein.

Die Keimköpfchen (bei H. Turneri und H. hermaphroditum) sind endständig auf kurzen Seitenzweigen und umgeben von einigen (1—6) Hüllzweigen, welche dieselben wenig überragen; ausnahmsweise können die Hüllzweige auch ganz mangeln. Das früheste Stadium zeigt an kurzen, sonst normal gebauten Zweigen

die 3 letzten Zellen viel kürzer und etwas weniger intensiv gefärbt als die übrigen Glieder. Von diesen theilen sich die obere (die Scheitelzelle, Fig. 18, g; 19, g; 28, i; 29 i)[17] und die untere (das Tragglied der Keimfrucht, Fig. 18, a, 19, a; 28, c; 29, c) nicht mehr; an der mittlern wird die Keimfrucht angelegt, in gleicher Weise wie bei den übrigen Callithamnieen. Zuerst wird von dieser Gliederzelle meist auf der äussern, dem Hauptstrahl abgekehrten Seite, in der ganzen Länge eine Zelle abgeschnitten, dann eine gegenüber liegende auf der innern Seite und schliesslich je eine rechts und links, so dass also eine Centralzelle von 4 Zellen umgeben ist. Die auf der äussern Seite befindliche ist eine Dauerzelle und theilt sich nicht weiter; sie stellt den verkümmerten Seitenstrahl dar (Fig. 18, c; 19, c; 28, e). Die auf der innern Seite liegende ist die Anlage für das Trichom; sie verlängert sich nach oben, indem sie sich nach der Achse des Organs krümmt, dann mit einer knieförmigen Biegung sich von derselben etwas abkehrt und in eine haarförmige Spitze auswächst. Diese verlängerte pfriemförmige Zelle theilt sich, von unten nach oben fortschreitend, durch 3 Querwände in 4 über einander liegende Zellen (Fig. 18, d; 28, f; 29, f). Die oberste Wand liegt in der Höhe des obern Endes der Scheitelzelle; sie trennt die haarförmige frei vorragende Spitze als Zelle ab, welche bis 60 Mik. und darüber lang nun längere Zeit die junge Keimfrucht als Haar krönt und schliesslich abfällt. Die 3 untern Zellen können sich je 1- oder 2mal durch schiefe Längswände theilen. Das Trichophor hat also hier einen etwas andern Bau als bei den übrigen Gattungen; es ist später zuweilen durch eigenthümlich unregelmässige Anordnung der Zellen ausgezeichnet (Fig. 19, dd). Durch seine Ausbildung

(17) Nur ein einziges Mal wurde ausnahmsweise eine weitere Entwickelung aus der Scheitelzelle bei H. hermaphroditum beobachtet; sie theilte sich in eine neue Scheitelzelle und eine Gliederzelle, und die letztere bildete seitlich einen zweizelligen Ast, der seinem Aussehen nach für eine Keimfrucht bestimmt schien.

auf der Bauchseite des Organs, während die gegenüber liegende Zelle auf dem Rücken sich nicht theilt und nicht vergrössert, wird die Scheitelzelle nach aussen (von dem Hauptstrahl weg) geschoben, und die Achse des ganzen Organs krümmt sich in gleicher Richtung. — Die beiden rechts und links neben der Centralzelle liegenden Zellen (Fig. 18, e, f; 28, g) leiten eine viel beträchtlichere Zellenvermehrung ein. Aus jeder derselben entsteht ein vielzelliger Complex, der Keimboden (Fig. 19 zwischen dem Trichophor dd und den Zellen c, g). Das ganze jugendliche Organ bildet eine einzige fast rundliche Zellmasse, welche von einer gemeinsamen Gallertmembran umhüllt ist, und in welcher die Scheitelzelle, die Rückenzelle und das Trichophor zum Theil schon durch ihren Inhalt, besonders leicht aber durch ihre Lage neben den beiden vielzelligen Keimböden erkannt werden (Fig. 19). Auf den Keimböden, welche sich mehr oder weniger in eine Masse vereinigen können, bilden sich die Keimzellen. Dieselben sind von einander getrennt, jede mit einer Gallertmembran umgeben, von birnförmiger Gestalt und mit dem schmalen Ende befestigt. Sie haben viel Aehnlichkeit mit noch ungetheilten Sporenmutterzellen und entstehen aus der äussersten Zellenlage des Keimbodens. Die Entwickelungsgeschichte, wie ich sie eben beschrieben habe, wurde bei H. Turneri beobachtet. H. hermaphroditum verhält sich in allen wesentlichen Punkten ganz gleich; nur ist die Stellung der Keimfrucht bezüglich zum Hauptstrahl nicht so regelmässig, indem das Trichophor bald innen bald aussen, bald auch rechts oder links sich befindet; ferner sind die Zellencomplexe, welche die Keimzellen tragen, kleiner und einfacher und bleiben immer deutlich von einander getrennt (Fig. 29).

J. Agardh (Spec. Alg. II, 21) bezweifelt, dass diese Organe Keimfrüchte seien, und er hält seinen Zweifel dadurch bestätigt, dass Harvey die wirklichen Keimhäufchen abbilde (Phyc. brit. CLXXIX). Aber diese Abbildung ist doch lange nicht genau genug, um darauf die Ansicht zu begründen, dass es Organe von gleichem Baue seien wie bei Callithamnion. Es

scheint mir recht gut möglich und nach der Darstellung sogar wahrscheinlich, dass Harvey die nämlichen Keimköpfchen vor sich gehabt hat, wie sie die in Torquay gesammelten, von Mrs. Griffiths mit diesem Namen bezeichneten Exemplare zeigen, und die von den beschriebenen Organen in keiner Weise verschieden sind.

Es ist noch eine Bemerkung über den Ursprung der Hüllzweige beizufügen, die das Keimköpfchen umgeben. Bei H. Turneri bildet die Gliederzelle, welche unter dem kurzen Tragglied steht, 2 — 4 quirlständige Zweige, von denen 2 als normale, die andern als adventive zu betrachten sind. Der eine oder andere dieser Zweige kann einen Seitenstrahl bilden und so die Keimfrucht schliesslich von 4 — 6 Hüllzweigen umgeben sein. Bei H. hermaphroditum werden von der nämlichen Gliederzelle 0—4 einfache Hüllzweige erzeugt; ausserdem sind die Keimköpfchen auch nackt, wenn ihnen bei exceptioneller Stellung seitlich an dem Stiel eines Keimköpfchens das Glied unter dem Tragglied und selbst dieses letztere mangelt.

Bei H. Pluma beobachtete ich junge Keimfrüchte. Dieselben stimmen im Wesentlichen mit denen von H. Turneri und H. hermaphroditum überein. Sie befinden sich an den Enden von vegetativen Strahlen und sind in dem beobachteten frühen Stadium von 2 gebogenen Hüllzweigen, die von dem obersten vegetativen Glied entspringen und in der Verzweigungsebene des Hauptstrahls liegen, wie von einem Ring umschlossen.

Zu Herpothamnion gehören folgende bisher zu Callithamnion, von Areschoug zum Theil zu Spermothamnion, von Derbès et Solier zu Wrangelia gestellte Arten und Formen:

A. Euerpothamnion. Tetrasporen auf kurzen Stielen seitständig, durch sympodiale Verzweigung des Stieles oft scheinbar sitzend und seitlich. H. Turneri (Mert.); H. hermaphroditum. H. variabile (Ag.), H. minimum (Derb. et Sol.), H. abbreviatum (Kg.), H. repens (Dillw.), H. axillare (Schousb.), H. mesocarpon (Carm.), H. Pluma (Dillw.), H. elegans (Schousb.), H. micropterum (Mont.), H. roseolum (Ag.), H? pedunculatum (Kg.),

H? irregulare (J. Ag.), H? flaccidum (Hook fil. et Harv.), H? pectinatum (Mont.), H? leptocladum (Mont.), H? Lamourouxii (Dub.) — Von H. flaccidum vermuthet J. Agardh (Spec. Alg. 31) wegen der Verzweigung und wegen der Theilung der Tetrasporen, dass es sich eher Pterothamnion Plumula als H. Turneri nähere. Allein die Verzweigung ist, wie die Abbildung zeigt, verschieden von Pterothamnion, da offenbar alle Strahlen gleichwerthig und nicht in begrenzte und unbegrenzte geschieden sind; und ferner scheint mir die Figur eher tetraedrische als kreuzförmige Tetrasporen anzudeuten.

H. hermaphroditum. Die Pflanzen bilden dichte, 2—6 Linien hohe Rasen auf grössern Algen. Von den kriechenden, mit Haftwurzeln festsitzenden Fäden erheben sich aufrechte, deren Verzweigung auf dem 2. — 10. Gliede beginnt. Die Seitenstrahlen stehen seltener opponirt, gewöhnlich einzeln an einem Glied und sind an 2 — 5 successiven Gliedern nach der nämlichen Seite gekehrt. Diese einseitigen Gruppen alterniren mit einander rechts und links, indem sie bald unmittelbar aufeinander folgen bald durch 1—4 nackte Glieder getrennt sind; statt der Gruppen können auch einzelne Seitenstrahlen in die Reihenfolge eintreten. An den Aesten beginnt die Verzweigung auf dem 1. — 5. Gliede; der erste Zweig steht aussen oder innen oder auch rechts und links (Divergenz vom Anheftungspunkt des Astes 0, $^1/_2$, $^1/_4$). — Die Stellung der Tetrasporen ist die nämliche wie bei H. Turneri; sie sind zu mehrern auf kurzen etwas getheilten Seitenzweigen vereinigt und stehen immer auf 1—3 gliedrigen Strahlen terminal, wobei sie aber durch sympodiale Verzweigung in eine scheinbar seitlich-sitzende Lage gebracht werden können. — Die Antheridien und die Keimköpfchen sind auf den nämlichen Pflanzen und meist auch auf den nämlichen Zweigen vereinigt. Die Keimköpfchen stehen, wenn das verkürzte Tragglied unter denselben nicht gerechnet wird, auf 1 — 4gliedrigen Stielen (Fig. 28, 29); von diesen Gliedern trägt das oberste 0 — 4 Hüllzweige, die übrigen meist je einen, auch wohl keinen oder 2 kurze Seitenzweige. Der

Seitenzweig des zweitobersten, zuweilen auch eines andern Gliedes endigt meistens in ein Antheridium (Fig. 28). Das letztere steht auf einem 1- oder 2gliedrigen Stiel, welcher wieder auf jedem Glied 1 – 2 kurze Seitenzweige tragen kann, und wie eben gesagt in der Regel von dem Stiel des Keimköpfchens, seltener unmittelbar von einem vegetativen Strahl entspringt. — Etretat auf Gigartina mamillosa. Vielleicht nur eine der vielen Formen von H. Turneri.

B. Rhizophyes[18]. Tetrasporen seitlich-sitzend. H. barbatum (Ag.).

C. Anisarithmium[19]. Sporenmutterzellen 4–10 Sporen enthaltend; auf kurzen Stielen endständig. H. strictum (Ag.) wahrscheinlich auch H. semipennatum (J. Ag.) und H. Crouani (Kg.) und vielleicht H. unilaterale (Zanard.). — Bei einem Exemplar von „Callithamnion strictum Ag.", von Crouan in Brest gesammelt, enthielten die einen Mutterzellen 4, die andern 6 – 10 Sporen. „Callithamnion Crouani Kg." von dem nämlichen Standort hat einige Tetrasporen, wie es scheint aber auch einige Polysporen.

D. Meristosporium[20]. Polysporen 10—16 Sporen enthaltend, theils auf den Strahlen der letzten Ordnungen endständig theils an denselben seitlich-sitzend. — Callithamnion intricatum Ag., welches als Typus für dieses Subgenus diente, kenne ich nur aus einem sporentragenden Exemplar von Brest. Die Basis der Pflanze mangelt; ich weiss daher nicht, ob kriechende Fäden vorhanden sind, wie J. Agardh (Spec. Alg. II, p. 19) vermuthet. Von Wurzeln oder Ausläufern sehe ich nichts an den aufrechten Fäden. Die letztern sind hin und wieder verästelt. An den fructifizirenden Enden stehen die Verzweigungen gedrängter und sehr oft einseitig. Die meisten Strahlen sind

---

(18) ῥιζοφυὴς, wurzeltreibend.
(19) ἀνισάριθμος, von ungleicher Zahl (der Sporen).
(20) μεριστὸς, getheilt.

abgebrochen und treiben aus den obersten Gliedern 1—2 Seitenstrahlen, welche sich über den Mutterstrahl erheben; dabei geht aber das monopodiale Aussehen nie verloren. — Die Polysporen sind oft auf längern und kürzern (1 — 12gliedrigen) Strahlen endständig; diese Strahlen haben die Neigung, nachdem die Sporen ausgebildet sind, sich aus den obersten Gliedern zu verzweigen. Die meisten Sporenmutterzellen aber sind seitlich und sitzend, je 1 an einem Glied; sie befinden sich gewöhnlich am Grunde der Seitenstrahlen auf 2—4 successiven Gliedern, und zwar häufiger auf der innern selten auf der äussern, zuweilen alternirend auf der innern und äussern Seite; es können einzelne auch rechts und links stehen. Wenn seitliche Sporenmutterzellen an höhern Gliedern über einzelnen Seitenstrahlen vorkommen, so haben sie keine bestimmten Stellungen. — Ausser H. intricatum (Ag.) ist auch H. sphaericum (Crouan) wegen seiner Verzweigung und des ganzen microscopischen Habitus hieher zu stellen, bis die Fortpflanzungsorgane aufgefunden sind.

Meine Gattung Herpothamnion ist nicht synonym mit Spermothamnion Areschoug; denn jene gründet sich auf das Verhalten der Tetrasporen; diese umfasst alle Arten der frühern Gattung Callithamnion, welche Keimköpfchen haben, demnach ausser Herpothamnion wahrscheinlich auch Rhodochorton und vielleicht noch andere Genera. — Uebrigens ist es mir wahrscheinlich, dass in Herpothamnion mehrere Gattungstypen enthalten sind, die sich aber erst feststellen lassen, wenn die Keimfrüchte und besonders die Antheridien von mehrern Arten bekannt sind.

Lejolisia Bornet Ann. sc. nat. 1859. XI. Pag 88. Pl. 1. 2.

Diese Gattung hat die grösste habituelle Aehnlichkeit mit Herpothamnion und kann im sterilen Zustande von derselben nicht unterschieden werden. Die Tetrasporen sind ebenfalls tetraedrisch; sie stehen am Grunde der aufrechten Fäden, terminal

am Ende von kurzen primären oder secundären Strahlen. Die Antheridien haben die nämliche Stellung, ebenso die Keimfrüchte. Die erstern scheinen sich ganz wie bei Herpothamnion A zu verhalten. Die letztern stimmen in ihren ersten Entwicklungsstadien ebenfalls mit Herpothamnion A überein, so viel sich wenigstens aus der Zeichnung vermuthen lässt. Sie entstehen aus der obersten Gliederzelle, wobei die Scheitelzelle klein bleibt und bald etwas zur Seite geschoben wird. Der eigenthümliche mit einer freien haarförmigen Zelle gekrönte Complex (Trichophor) ist ebenfalls vorhanden. Das Haar fällt aber nicht ab, sondern ist zur Zeit der Keimfruchtreife noch vorhanden. Der wesentliche Unterschied gegenüber von Herpothamnion besteht darin, dass bei Lejolisia die äusserste Zellschicht der Keimfrucht selbst zu einer becherförmigen Hülle wird, welche die auf dem Keimboden sich entwickelnden Sporen umgibt, auf ähnliche Weise wie bei Spyridia und Polysiphonia. Diese Hülle darf nicht mit derjenigen von Herpothamnion und Wrangelia verglichen werden, weil sie bei diesen Gattungen sowohl einen ganz andern Ursprung als auch ein anderes Ansehen hat. — Von Lejolisia ist nur eine Art bekannt, L. mediterranea Bornet. Es ist indess leicht möglich, dass von den bei Herpothamnion aufgeführten Arten die eine oder andere hieher gehört.

Rhodochorton[21] (Mscr. 1844.)

Von niederliegenden unberindeten Thallomfäden (ohne Haftwurzeln) erheben sich aufrechte ebenfalls nackte Aeste. Die Strahlen dieser letztern gleichwerthig, monopodial-verzweigt, mit 1 selten 2 Tochterstrahlen auf einem Glied und meist vager oder auch einseitiger Stellung. Tetrasporen kreuzförmig, theils auf den vegetativen Strahlen endständig, theils an deren obersten Gliedern seitlich-sitzend und die Stelle von Seitenstrahlen einnehmend. Antheridien? Keimfrüchte?

---

(21) ῥόδον, Rose; χόρτος, Rasen.

Die niederliegenden Fäden (bei Rh. Rothii) sind sehr ungleich. Die einen haben einen gedrängten Wuchs, sind in ausgezeichnetem Maasse torulos, ihre Glieder fast so dick als lang (Fig. 1). Andere haben einen lockern Wuchs und erscheinen wenig torulos; ihre Glieder sind 2 — 3mal so lang als dick. Haftwurzeln mangeln; nur einmal wurde ein schmaler wurzelähnlicher Auswuchs beobachtet, der sich nach dem Ende hin verschmälerte und nicht haftscheibenartig erweiterte. Die niederliegenden Fäden verzweigen sich spärlich; die Seitenstrahlen stehen seitlich (rechts oder links) an dem apikalen Ende eines Gliedes. Wahrscheinlich wachsen sie unbegrenzt in die Länge; sie erheben sich nie mit ihrem Ende, um einen aufrechten Ast darzustellen. — Die aufrechten Fäden entspringen auf der obern Seite der niederliegenden (Fig. 1), je einer von einem Glied und, wenn die Glieder kurz sind, meist aus der Mitte derselben; sind diese aber verlängert, so sind jene gewöhnlich nahe dem Apikalende, zuweilen in der Mitte, seltener nahe dem Basilarende inserirt. Bald tragen alle successiven, bald nur einzelne zerstreute Glieder vertikale Aeste.

Diese aufrechten Fäden sind spärlicher und unregelmässiger verzweigt als bei allen übrigen Callithamnieen. Man findet oft 30—60 Glieder ohne Seitenstrahlen; am untern Ende der Strahlen stehen zuweilen mehrere Aeste näher beisammen. — Eine reichlichere Verzweigung findet bei der Sporenbildung statt. Gegen die Spitze der Aeste treten dann kürzere Seitenstrahlen auf, bald an allen successiven bald nur an einzelnen Gliedern; dieselben sind zuweilen nach allen Seiten gekehrt, häufiger jedoch einseitig. Wenn sie sich verzweigen, so tragen sie die Tochterstrahlen meist auf der innern oder äussern Seite, bei reicherer Verzweigung auch allseitig. — Die aufrechten Strahlen scheinen alle begrenztes Längenwachsthum zu haben. Viele sind oben abgebrochen, andere endigen in Tetrasporen. — Selten kommen aus dem untern Ende des Basilargliedes der Aeste gegliederte Fäden, welche an die Ausläufer anderer Gattungen (Callithamnion) erinnern und auch grosse Aehnlichkeit mit den schlanken nie-

derliegenden Fäden von Rhodochorton haben, und daher als Stolonen zu betrachten sind.

Die Tetrasporen sind theils an den kurzen Zweigen und ihren Seitenstrahlen endständig, theils an den Gliedern derselben seitlich und sitzend. Im letztern Falle nehmen sie die Stelle der Seitenstrahlen ein, und befinden sich daher meistens auf der äussern oder innern Seite, selten auf allen Seiten (spiralständig). Ein Glied trägt also nur eine (seitliche) Tetraspore, das oberste eine terminale und eine laterale (Fig. 2, 3). — Die Stellung der Tetrasporen hat bei oberflächlicher Betrachtung die grösste Aehnlichkeit mit derjenigen von Herpothamnion. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich eine wesentliche Differenz. Bei der letztern Gattung gibt es gar keine seitlichen sitzenden Tetrasporen; sie erlangen diese scheinbare Stellung durch sympodiales Wachsthum der Zweige. Bei Rhodochorton ist die Entwicklung der Sporenzweige monopodial und die Tetrasporen sowohl terminal als lateral. Desswegen findet man bei Herpothamnion auch auf dem letzten Gliede immer nur 1, bei Rhodochorton fast immer 2 Tetrasporen.

Nach Harvey (Phyc. brit. CXX) stehen bei Rh. floridulum die Tetrasporen einzeln auf den Enden von seitlichen einfachen Zweigen, bei Rh. Rothii dagegen zu 2 – 5 auf verästelten Zweigen. An einem Exemplar von Rh. floridulum, bei Penzance gesammelt und von Mrs. Griffiths mitgetheilt, sehe ich nur wenige Zweige, welche einfach sind und eine einzige Tetraspore tragen. Weitaus die meisten tragen 2—5 Tetrasporen. Nur darin finde ich einen Unterschied zwischen Rh. floridulum und Rh. Rothii, dass bei ersterm die Seitenstrahlen und die sitzenden Tetrasporen durchgehends auf der innern (Fig. 2), bei letzterm fast ohne Ausnahme auf der äussern Seite des Sporenzweiges angeheftet sind (Fig. 3), wozu noch der andere Unterschied hinzukommt, dass bei Rh. floridulum die sporentragenden Zweige fast durchgehends einseitig, bei Rh. Rothii meist alternirend-zweizeilig oder allseitig stehen.

Es ist noch zu bemerken, dass nicht nur die kurzen Zweige,

sondern auch lange Aeste, selbst solche die aus den niederliegenden Fäden entspringen, oft in eine Tetraspore endigen (bei Rh. Rothii beobachtet, Fig. 3). Wenn dieselbe sich abgelöst hat, so bildet die oberste Gliederzelle nicht selten 2 opponirte, auch wohl 3 Zweige, so dass das Ende dichotomisch oder trichotomisch erscheint. — Es können also die Scheitelzellen aller aufrechten Strahlen und die einzelligen Seitenzweige (Scheitelzellen des ersten Grades) sich in Sporenmutterzellen umwandeln.

Harvey bildet bei Rh. Rothii und floridulum tetraedrische Tetrasporen ab. Sie zeigen aber in allen meinen Exemplaren ganz entschieden kreuzförmige Theilung. Die Mutterzelle zerfällt zuerst durch eine Querwand in 2 Hälften, von denen jede sich durch eine Längswand theilt.

Zu Rhodochorton gehören nur die zwei bisher zu Callithamnion gestellten Arten: Rh. Rothii (Turt.) und Rh. floridulum (Dillw.) — Wenn Callithamnion Daviesii Harvey Phyc. brit. CCCXIV und C. virgatulum Harv. l. c. CCCXIII wirklich Tetrasporen besitzen und von den Acrochaetiumarten verschieden sind, so dürften sie wohl hieher gehören. Callithamnion sparsum Crouan Alg. mar. du Finist. Nr. 119, das aber wohl von C. sparsum Harv. verschieden ist, scheint sehr nahe mit Rh. Rothii verwandt.

Poecilothamnion[22].

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied und regelmässig alternirender Stellung, unten meist berindet. Tetraedrische Tetrasporen oder Disporen seitlich an den Strahlen der spätern Ordnungen sitzend, je 1—3 über einander theils an unverzweigten theils an solchen Gliedern, welche schon einen Seitenstrahl tragen (nie dessen Stelle einnehmend). Antheridien in gleicher Stellung wie die Tetrasporen. Keimhäufchen seitlich an den Zweigen.

---

(22) ποικίλος, bunt, die Farbe wechselnd.

Alle Arten von Poecilothamnion unterscheiden sich von Callithamnion entweder dadurch, dass ausser den einzelnen auch 2 und 3 Sporenmutterzellen an einem Glied, oder dass die Sporenmutterzellen nicht nur an unverzweigten, sondern auch an verzweigten Gliedern stehen. Meist treffen beide Merkmale zusammen.

A. Eupoecilothamnion = Poecilothamnion Näg. Algensyst., 202 Tab. VI, 7—29[23].

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, sympodial-, kamptopodial- und monopodial-verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied, zum Theil in eine hinfällige haarförmige Spitze endigend, unten meist berindet. Tetrasporen tetraedrisch, seitlich an den Strahlen der spätern Ordnungen sitzend, 1 — 3 über einander an einem Glied, welches meist schon einen Seitenstrahl trägt (nie dessen Stelle einnehmend). Antheridien in gleicher Stellung wie die Tetrasporen. Keimhäufchen seitlich an den Zweigen.

Die seitlichen und peripherischen Theile der Pflanze sind in der Regel gabelig-verzweigt und oft von gleicher Höhe, indess in den untern und centralen Partieen stärkere Stämmchen und Aeste der Länge nach mit schwächern Aesten und Zweigen besetzt sind. Dass dieselben als Sympodien betrachtet werden müssen, habe ich an frischen Exemplaren von P. granulatum mit Sicherheit erkannt. Auch getrocknete Exemplare von P. granulatum, P. spongiosum und P. versicolor liessen in einzelnen Fällen kaum einen Zweifel über die sympodiale Natur der Aeste. Indessen sind in dieser Gattung die getrockneten Pflanzen für solche Untersuchungen über Wuchsverhältnisse wenig geeignet, schon desswegen, weil man die Stellungen, welche oft mit Leichtigkeit den Haupt- und Tochterstrahl unterscheiden lassen, meist nicht mehr deutlich erkennt. Die seitlichen und peripherischen Theile aber geben wegen ihrer kamptopodialen (dicho-

(23) In Folge eines Versehens steht l. c. in der Erklärung der Abbildungen P. versicolor statt P. granulatum.

tomischen) Ausbildung keine Auskunft, ob die Pflanze dem sympodialen oder monopodialen Typus folgt.

An den Hauptstrahlen stehen die Seitenstrahlen nach allen Richtungen. Die Divergenz beträgt zwischen $^1/_5$ und $^1/_3$, meistens ungefähr $^1/_4$. An dem Seitenstrahl steht der erste Ast rechts oder links, und es kreuzt sich also die erste Verzweigung des Seitenstrahls mit der des Hauptstrahls. In den Partieen mit dichotomischer Anordnung wechseln die successiven Gabelungen ziemlich unter rechten Winkeln; nur die letzten Verzweigungen liegen zuweilen in einer Ebene.

Gewöhnlich tragen alle successiven Glieder Verzweigungen, nur ausnahmsweise fällt ein Glied aus. Namentlich ist zu bemerken, dass die Verästelung bei den meisten Arten (eine Ausnahme macht P. Brodiaei) immer schon auf dem untersten Glied der Aeste und Zweige beginnt, was aus der Natur des sympodialen Wuchses folgt, während bei Callithamnion mit monopodialem Verhalten die Aeste am Grunde meist auf längern oder kürzern Strecken nackt sind.

Bei einigen Arten (P. granulatum und P. spongiosum) sind die Strahlen begrenzt und endigen in eine hinfällige dünne haarförmige Spitze. Die Scheitelzelle verlängert sich nämlich sehr stark (bis 140 Mik.) bei einer geringen Breite (kaum 2 Mik. in der Mitte), und löst sich dann ab. Die Untersuchung von frischen Exemplaren in verschiedenen Stadien der Entwicklung liess keinen Zweifel darüber, dass alle vegetativen Strahlen in ein Haar ausgehen. An trockenen Exemplaren sind oft viele oder die meisten Haare abgefallen. — An den getrockneten Exemplaren der andern Arten finde ich bald ziemlich viele, bald wenige und vereinzelte Haare. An einzelnen Exemplaren (namentlich bei P. corymbosum) wurden keine gesehen; diess ist besonders bei den Formen der Fall, deren Zweige in gleicher Höhe endigen, weil hier das Längenwachsthum in allen ziemlich gleichzeitig aufhört. Der Mangel der Haare erklärt sich hier möglicherweise dadurch, dass die Begrenzung noch nicht eingetreten ist, oder dass die dünnen Spitzen, sei es vor dem Ein-

sammeln, sei es beim Trocknen, abgefallen sind. Mit Rücksicht auf die Beobachtung zahlreicher Exemplare glaube ich mich zu dem Ausspruche berechtigt, dass die Begrenzung durch abfallende haarförmige Spitzen ein allgemeines Merkmal für Eupoecilothamnion ist.

Aus dem untern Theile des Basilargliedes der Aeste entspringen bei den meisten Arten 1—3 Berindungsfäden wie bei Callithamnion, deren obere Glieder oft Adventiväste erzeugen. Die letztern stehen einzeln auf dem obern (basilaren) Theile, zuweilen auch auf der Mitte des Gliedes; seltener findet man 2 Adventiväste auf einem Berindungsfadenglied, einen auf dem obern und einen auf dem untern Ende (ausnahmsweise bei P. grande). Auch aus dem untern Theile des Basilargliedes der Aeste kann je ein Adventivast entspringen.

Die Tetrasporen stehen an den dichotomischen Zweigen. Sehr häufig findet man deren 2 bis 3 an einem Glied in einer vertikalen (etwas zickzackförmigen) Reihe; die Anlage und Ausbildung beginnt oben. Zuweilen ist nur eine (die oberste) vorhanden. Aber es mangelt keiner Art die Fähigkeit, deren mehrere an einem Glied zu erzeugen. Harvey (Phyc. brit.) sagt von P. spongiosum und P. corymbosum „Tetraspores solitary". Ich finde besonders auch an Exemplaren aus England bei P. spongiosum häufiger 2—3 und bei P. corymbosum häufiger 2 als nur eine Tetraspore und nicht ein Exemplar, an welchem nicht an vielen Gliedern je 2 zu sehen wären.

Die Tetrasporen erzeugenden Glieder tragen sehr häufig eine Dichotomie oder ausser der Fortsetzung des Hauptstrahls einen Seitenstrahl. Die Tetrasporenreihe ist von der Ebene der Dichotomie oder von dem Seitenstrahl um 90° entfernt. Aber auch an den einfachen Enden der dichotomischen Zweige findet man Tetrasporen, also auf Gliedern, welche keinen vegetativen Seitenstrahl tragen; sie sind hier fast ohne Ausnahme einzeilig auf der innern Seite des Zweiges. Bei P. Brodiaei, wo die Aeste und Zweige am Grunde oft 1—6 unverzweigte Glieder zeigen, stehen manchmal die untersten Tetrasporen an den Axillen, die

mittlern an unverästelten Gliedern und die obersten wieder an den Axillen. Eine Stellung der Tetrasporen, wie sie Harvey (Phyc. brit. CXXIX) an C. Brodiaei abbildet, finde ich nicht an meinen Exemplaren aus England.

Die Tetrasporen sind nicht etwa metamorphosirte Zweige, wie diess bei Callithamnion der Fall ist. Zahl und Stellung beweisen das deutlich, da sie häufig auf Gliedern entstehen, welche schon ihren vegetativen Tochterstrahl tragen, und da die Zweige nicht zu 2 oder 3 über einander an einem Glied auftreten. An den unverästelten Zweigen (von P. granulatum, versicolor etc.) befinden sich die Tetrasporen des ersten (untersten) Gliedes nicht da, wo der vegetative Seitenstrahl, wenn er vorhanden wäre, stehen sollte, sondern 90° von dieser Stelle entfernt. Die vegetative Verzweigung würde sich nämlich mit der vorausgehenden rechtwinklig kreuzen, während die Tetrasporen mit der letztern in einer Ebene (auf der innern Seite) liegen. Die obern Glieder folgen dem ersten Glied mit gleicher Stellung der Tetrasporen.

Die Antheridien haben die gleiche Stellung wie die Tetrasporen (vgl. Algensysteme Tab. VI, 11 — 19).

Die Keimhäufchen befinden sich im Ganzen in einer etwas tiefern Region der Pflanze als die Tetrasporen und die Antheridien, an den Aesten und am untern Theil der dichotomischen Zweige, also immer an Gliedern, die einen vegetativen Seitenstrahl oder eine Dichotomie tragen. Das dem Seitenstrahl gegenüberstehende Trichophor hat den gleichen Bau wie bei Callithamnion (Fig. 4, d; 5); es besteht aus zwei länglichen Zellen neben einander und einem Paar kürzerer Zellen, von denen die obere das hinfällige Haar trägt. Die beiden Keimhäufchen sind opponirt und von der vegetativen Verzweigung um 90° entfernt. Unter denselben können etwas später noch zwei andere ebenfalls opponirte folgen. Die betreffenden Glieder bleiben in der Regel kürzer als die übrigen. — J. Agardh sagt bei C. versicolor „favellis sparsis“ im Gegensatz zu „favellis geminis“ anderer Arten. Ein durchgreifender und principieller Unterschied liegt

in diesem Merkmal nicht. Bei P. versicolor werden wie bei allen andern Arten an einem Glied 2 gegenüberliegende Keimhäufchen angelegt. In der Regel bildet sich nur eines derselben sehr stark aus; das andere bleibt klein und unentwickelt. Zuweilen findet man (und zwar an den nämlichen Pflanzen) die beiden gegenüberstehenden vollkommen ausgebildet und von gleicher Grösse, oder auch das eine grösser als das andere. — Es gibt noch einen andern Grund, der bei P. versicolor zwar höchst selten das vereinzelte Vorkommen der Keimhäufchen bedingt. Von den beiden opponirten Zellen entwickelt sich nur die eine zum Keimhäufchen (Fig. 4, e), die andere (f) wächst in einen Adventivzweig aus.

Zu Eupoecilothamnion gehören folgende Arten und Formen der bisherigen Gattung Callithamnion (Phlebothamnion): P. corymbosum (Sm.) Näg., P. corymbiferum (Kg.), P. versicolor (Draparn.) Näg., P. rigescens (Zanard.), P. spinosum (Crouan, non Harv.), P. Brodiaei (Harv.), P? fruticulosum (J. Ag.), P. granulatum (Ducl.), P. spongiosum (Harv.) Näg., P. grande (J. Ag.), P.? Montagnei (Hook. fil.)

B. Miscosporium[24] (Mscr. 1849).

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, sympodial-, kamptopodial- und monopodial-verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied, häufig in eine hinfällige haarförmige Spitze endigend, unten meist berindet. Disporen (bei einer Art mit tetraedrischen Tetrasporen wechselnd) seitlich an den Strahlen der spätern Ordnungen sitzend oder gestielt, 1 (und 2?) an einem Glied, welches oft schon einen Seitenstrahl trägt (nie die Stelle desselben einnehmend). Antheridien? Keimhäufchen?

Die vegetative Entwicklung stimmt ganz mit der von Eupoecilothamnion überein. Dass das Wachsthum der stärkern Fäden sympodial sei, dafür habe ich, da ich nur getrocknete

---

(24) μίσχος, Stiel

Exemplare untersuchte, keine ganz sichern Beweise. Allein in mehreren Fällen sprach doch die grösste objective Wahrscheinlichkeit bei P. stipitatum und P. seirospermum dafür, wozu die nahe Verwandtschaft von Eupoecilothamnion hinzukommt. Bei P. interruptum dagegen scheint die Verzweigung, wenigstens an den schwächern Zweigen, monopodial zu sein. — Die Divergenz zwischen 2 aufeinander folgenden Aesten beträgt $^1/_2$ bis $^1/_4$ und $^1/_5$. Bei P. stipitatum, wo sie zwischen den Grenzen $^1/_2$ und $^1/_3$ sich bewegt, sah ich z. B. an einem Stämmchen von unten nach oben auf 22 successiven Gliedern die Divergenzen viermal $^1/_2$, sechsmal $^5/_{12}$, fünfmal $^2/_5$, siebenmal $^3/_7$; ferner an verschiedenen Aesten eine durchschnittliche Divergenz von $^1/_3$ oder $^3/_8$ oder $^7/_{16}$ oder $^{13}/_{32}$. Die Verzweigung eines Astes beginnt bei P. stipitatum und P. interruptum regelmässig auf dem Basilarglied, bei P. seirospermum und P. Vermilarae gewöhnlicher auf dem zweiten, auch wohl auf einem höhern Glied. Die erste Verzweigung des Astes kreuzt sich mit der des Hauptstrahls; die Wendung an den Aesten ist bei P. stipitatum die nämliche wie am Hauptstrahl; der erste Seitenstrahl steht in kathodischer Richtung ungefähr 90° von dem Insertionspunkt des Astes entfernt. — Die untern Dichotomien der Zweige kreuzen sich bald unter rechten bald unter kleinern Winkeln (Letzteres bei P. stipitatum), und die obersten oder auch wohl alle Dichotomien liegen in einer Ebene.

Bei P. seirospermum endigen manche Zweige in hinfällige haarförmige Spitzen. Die Regelmässigkeit, mit welcher diese Haare in einer gewissen Region auftreten, lassen darauf schliessen, dass sie allen Strahlen zukommen, dass sie aber abwärts von ener Region schon abgefallen sind, aufwärts von derselben sich noch nicht gebildet haben. Bei P. stipitatum und P. interruptum sah ich keine haarförmigen Spitzen. — Stämmchen und Aeste sind meistens berindet durch Berindungsfäden, welche aus den Basilargliedern ihrer Seitenstrahlen entspringen.

Die Sporenmutterzellen werden durch eine Querwand in 2 Sporen getheilt (Disporen). Diese Theilung beobachtete Areschoug

zuerst an P. seirospermum, vermuthete aber dass daraus bei vollständiger Reife kreuzförmige Tetrasporen hervorgingen (Enum. in Nov. Act. Upsal. XIII, p. 331). J. Agardh macht daraus ohne Weiteres „sphaerosporas cruciatim divisas“ und sagt auch bei P. interruptum, die reifen Tetrasporen seien kreuzförmig. Ich habe bei P. stipitatum, P. vermilarae und P. interruptum bloss Disporen gesehen, und bei letzterer Art namentlich in grosser Menge und vollkommen reif. Von P. seirospermum besitzen die einen Exemplare ebenfalls vollkommen entwickelte Disporen, die andern tetraedrische Tetrasporen. Wenn J. Agardh die kreuzförmigen Tetrasporen bei P. interruptum wirklich beobachtet hat, so müsste dieser Charakter noch in die Gattungsdiagnose aufgenommen werden und wir hätten an der genannten Art das erste Beispiel für das alternirende Vorkommen von Disporen und kreuzförmigen Tetrasporen. — Die Sporenmutterzellen stehen auf einem 1- oder 2zelligen Stiel bei M. stipitatum (Fig. 6); sie sind auch bei M. seirospermum nach Areschoug und bei M. interruptum nach J. Agardh gestielt. Bei letzterer Art indess habe ich ausschliesslich sitzende und bei ersterer nur wenige gestielte Sporenmutterzellen gefunden; auch bei P. Vermilarae ist die grosse Mehrzahl sitzend. — Die Sporenmutterzellen zeigen die gleichen Stellungsverhältnisse wie bei Eupoecilothamnion. Bei P. stipitatum befinden sie sich in der Regel an den Gliedern der gabelig getheilten Zweige, welche schon eine Verzweigung tragen und sind von dieser um 90° entfernt (Fig. 6). Bei P. seirospermum und P. interruptum sah ich nur sehr wenige axilläre Sporenmutterzellen; weitaus die meisten sind an der innern Seite von unverzweigten Gliedern angeheftet, bei P. interruptum am Grunde der einfachen Zweige, bei P. seirospermum häufiger an dem kurzen einfachen Grunde der getheilten Zweige. — Mit Sicherheit habe ich nicht mehr als eine Sporenmutterzelle an einem Glied gesehen.

Ueber die Seirogonidien, welche bei 2 Arten dieser Gattung vorkommen, wurde schon oben gesprochen. Ich füge hier nur noch bei, was auf die Morphologie Bezug hat. Es sind

(bei M. scirospermum) grössere oder kleinere Theile eines gabelig getheilten Zweiges, dessen Glieder kürzer bleiben und tonnenförmig anschwellen (Fig. 13). Die Scheitelzellen verändern sich meistens in gleicher Weise; sie unterscheiden sich von den übrigen Gliedern nur dadurch, dass sie etwas länger und nach oben verschmälert sind. Nur ziemlich selten kommt es vor, dass die Scheitelzelle klein bleibt und verkümmert (Fig. 13, a), oder dass sie lang und schmal (haarförmig) wird; es gibt auch Seirogonidienzweige, welche in eine mehrzellige dünne haarförmige Spitze endigen, andere wo einzelne Glieder oder einzelne Strahlen nur zum Theil verdickt und verkürzt sind. Diese Erscheinungen zeigen deutlich, dass es gewöhnliche vegetative Zweige sind; welche eine (nicht einmal constante) Veränderung erfahren haben. Ferner beobachtet man an den Seirogonidienzweigen nicht selten einen kürzern Zweig an den Gabelungen, welcher genau die Stellung hat wie die Sporenmutterzellen (Fig. 13, b, c). Derselbe ist 1-, 2- oder 3zellig, bald schmächtig, bald verdickt und rosenkranzförmig. Dieses merkwürdige bisher übersehene Faktum zeigt, dass die Seirogonidienzweige metamorphosirte Zweige der sporentragenden Pflanze sind, und dass die gestielte Sporenmutterzelle entweder in 1 – 3 Gonidien oder in einen sterilen 1—3zelligen Zweig sich verwandeln kann, welcher das Aussehen eines vegetativen Strahls hat[25].

[redacted]

hier vereinigten Formen dürften die einen mit Eupoecilothamnion, die andern mit dem emendirten Maschalosporium zu vereinigen sein.

M. stipitatum (Mscr. 1849). Die Pflanzen sind kaum einen Zoll hoch; die Stämmchen ziemlich hoch hinauf berindet, mit nach allen Seiten gekehrten Aesten besetzt, diese in gleicher Weise wieder mit Aesten oder mit Zweigen. Aeste und Zweige stehen in ununterbrochenen Spiralen mit einer zwischen $^1/_2$ und $^1/_3$ zu- und abnehmenden Divergenz. Die Zweige sind dichotom-getheilt, die letzten Verzweigungen liegen in einer Ebene. Haarförmige Enden wurden keine beobachtet. Die untern Glieder der Stämmchen und stärkern Aeste sind 2 – 3, die obern 4—5mal, die Glieder der letzten Zweige 4—8mal so lang als breit. Die Disporen stehen einzeln an den Achseln der Zweigdichotomien. Sie sind ziemlich gross (bis über 70 Mik. lang), oval. Die 1- oder 2zelligen Stiele sind halb bis eben so lang als die Dispore, die längsten bis 7mal so lang als breit. — Diese Pflanze fand ich im Jahre 1849 unter andern Algen von St. Waast und nannte sie in meinen Notizen Miscosporium stipitatum. Kürzlich wurde mir die nämliche Pflanze von Dr. Lebel in Valognes ebenfalls von St. Waast unter dem Namen Callithamnion Gailloni mitgetheilt.

C. Maschalosporium[27].

Alle Thallomstrahlen gleichwerthig, monopodial-verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied, unten meist berindet, nicht in haarförmige Spitzen ausgehend. Tetrasporen tetraedrisch, seitlich an den Strahlen der spätern Ordnungen sitzend, einzeln, seltener 2 übereinander an einem Glied, das häufig schon einen Seitenstrahl trägt (nie die Stelle des letztern einnehmend). Antheridien in gleicher Stellung wie die Tetrasporen. Keimfrüchte seitlich an den Zweigen.

Die Verzweigung verhält sich wie bei Callithamnion. Die Strahlen sind monopodial. Die Verzweigung ist selten von unten

(27) μασχάλη, axilla.

bis oben zweizeilig. Meist beträgt die Divergenz an den Stämmchen und Aesten ungefähr $1/4$, dann $1/3$, an den letzten Zweigen $1/2$, selten bis in die äussersten Enden $1/1$. Die Verzweigung beginnt bald schon auf dem ersten oder zweiten, bald auf einem höhern (3. — 14.) Glied eines Seitenstrahls.

Von den Tetrasporen steht durchschnittlich die grössere Zahl einzeln, die kleinere je zu 2 an einem Glied. Ebenso findet man in der Regel ziemlich mehr Tetrasporen an unverzweigten als an verzweigten Gliedern; im letztern Falle sind sie fast immer um 90° von dem Seitenstrahl entfernt. — Bei M. Gailloni befinden sich gewöhnlich die untern an den Achseln, die obern an einfachen Aesten; da jedoch die Seitenstrahlen häufig erst auf dem 2. — 4. Glied sich zu verzweigen anfangen, so findet man nicht selten die untersten Tetrasporen an unverzweigten, die höhern an verzweigten und die obersten wieder an unverzweigten Gliedern. Die an dem unverzweigten Theil der Seitenstrahlen stehenden zeigen eine bemerkenswerthe Verschiedenheit, indem sie bald dem Hauptstrahl zugekehrt sind, bald rechts oder links liegen. Diess hängt, wie ich glaube, mit der verschiedenen Stellung der Seitenstrahlen zusammen. Ich habe gezeigt, dass bei Eupoecilothamnion fast ohne Ausnahme die erste Verzweigung eines Seitenstrahles sich mit der betreffenden Verzweigung des Hauptstrahls kreuzt und dass daher auch an unverzweigten Seitenstrahlen die Tetraspore des ersten Gliedes sich auf der innern Seite befindet. Bei Maschalosporium Gailloni schneidet die Verzweigungsebene des ersten Gliedes eines Seitenstrahls nicht immer die Verzweigung des Hauptstrahls unter einem rechten Winkel; in den obersten Theilen fallen die beiden Verzweigungen nicht selten in eine Ebene. Daher sind in jenem Falle die Tetrasporen innen, in diesem Falle rechts oder links angeheftet. Es geschieht selten, dass statt der in der Achsel befindlichen Tetraspore sich ein Adventivzweig bildet. — M. byssoideum, bei welchem die Verzweigung meist auf dem 2. — 4. Gliede eines Seitenstrahls beginnt, hat ebenfalls bald die untern Tetrasporen an unverzweigten, die obern an ver-

zweigten Gliedern, bald umgekehrt. Da die Divergenz meist bis zu oberst $^1/_4$ beträgt, so stehen sie an den einfachen Theilen der Strahlen auf der innern Seite, während der erste Seitenstrahl rechts oder links angeheftet ist. — Bei M. Dudresnayi findet man nur wenige Tetrasporen an verzweigten Gliedern, was ohne Zweifel damit zusammenhängt, dass die Verzweigung erst höher an den Seitenstrahlen beginnt und die Fortpflanzungsorgane an dem untern Theile derselben stehen. — Bei M. gallicum fangen die Seitenstrahlen in der Regel schon auf dem ersten Gliede an sich zu verzweigen; daher stehen hier die untern Sporenmutterzellen an verzweigten, die obern an unverzweigten Gliedern. Im Uebrigen zeigt ihre Stellung eine grosse Manigfaltigkeit, die sich jedoch bei sorgfältiger Berücksichtigung der Verzweigung auf bestimmte Regeln zurückführen lässt. Betrachten wir zuerst die Regionen der Pflanze, wo alle Verzweigungen in einer Ebene liegen und die ungeraden Seitenstrahlen auf der äussern (dem Hauptstrahl abgekehrten) Seite sich befinden. Hier verhalten sich die verzweigten Glieder ungleich; am 1., 3. und 5. befinden sich die Tetrasporen dem Seitenstrahl entweder genau opponirt und somit genau auf der innern Seite, oder sie sind von demselben etwa um $^3/_8$ des Umfanges und somit von der innern Seite um $^1/_8$ des Umfanges entfernt. Am 2. und 4. Glied, welches den Seitenstrahl auf der innern Seite trägt, stehen die Tetrasporen von demselben bald um $^1/_4$ bald nur um etwa $^1/_8$ des Umfanges ab. Die unverzweigten Strahlen haben ihre Sporenmutterzellen entweder genau auf der innern Seite oder von dieser etwa um $^1/_8$ des Umfanges entfernt. — Es gibt andere Regionen der Pflanze, wo die Verzweigungsebene des Seitenstrahls mit der des Hauptstrahls einen rechten Winkel bildet, wo also die Fieder ihre flache Seite dem Hauptstrahl zukehrt. Hier befinden sich die Tetrasporen sowohl an den verzweigten als an den unverzweigten Gliedern genau auf der innern Seite, und stehen an den verzweigten um 90° von dem Seitenstrahl ab. — Fig. 7 zeigt einen Zweig von M. gallicum mit gemischter Stellung der vegetativen Strahlen und

der Sporenmutterzellen; a-b ist der Hauptstrahl; c das erste Glied des Seitenstrahls trägt 2 Sporenmutterzellen auf der innern Seite, der Ast auf der äussern mangelt ausnahmsweise; d das zweite Glied hat einen Seitenstrahl und eine Sporenmutterzelle ebenfalls auf der innern Seite erzeugt. ef der zweite Seitenstrahl zeigt auf seinem ersten Glied (e) aussen einen Zweig (k) und innen eine Sporenmutterzelle; gh der folgende Seitenstrahl trägt auf seinem ersten Glied (g) zugekehrt einen Zweig (i) und innen (90° von i entfernt) eine Sporenmutterzelle.

Die Antheridien stehen bei P. byssoideum und Gailloni einzeln an einem Glied und zeigen immer die gleiche Stellung wie die Sporenmutterzellen. Sie sind länglich und planconvex, indem sie die flache sterile Seite dem Strahl, an dem sie befestigt sind, die convexe und mit Samenzellchen bedeckte dem Hauptstrahl zukehren.

Von Keimfrüchten habe ich nur die ersten Entwicklungsstadien gesehen. Sie stimmen ganz mit Eupoecilothamnion überein. Dem vegetativen Seitenstrahl steht das Trichophor von gleichem Bau wie dort gegenüber und beiderseits befinden sich die Zellen, aus denen die Keimfrüchte (ohne Zweifel Keimhäufchen) sich entwickeln.

Hieher gehören die bisher zu Callithamnion (Phlebothamnion) gestellten Formen: M. Gailloni (Crouan), M ? Giraudii (Kg.), M. Dudresnayi (Crouan), M. byssoideum (Arnott), M.? arachnoideum (Ag.), M. gallicum, M.? affine (Harv.) — Maschalosporium bildet ein Mittelglied zwischen Callithamnion und Poecilothamnion und dürfte bei besserer Kenntniss der Arten und, wenn eine schärfere Umgrenzung möglich sein wird, wohl eine besondere Gattung bilden, welche von Callithamnion durch die Stellung und morphologische Bedeutung der Sporenmutterzellen, von Poecilothamnion durch das monopodiale Wachsthum vielleicht auch durch die Antheridien (bei P. granulatum trägt ein Glied 2—3 kleine, bei M. byssoideum und Gailloni ein einziges verlängertes Antheridium) sich unterscheidet. Da das Wachsthum bei manchen Formen von Poecilothamnion an den getrockneten

Exemplaren nicht sicher ermittelt werden konnte, so habe ich alle diejenigen Pflanzen mit tetraedrischen Tetrasporen zu Eupoecilothamnion gestellt, welche abfallende Haare zeigen, zu Maschalosporium dagegen alle diejenigen, welchen sie mangeln. In seiner jetzigen Umgrenzung scheint mir Maschalosporium keine natürliche Gruppe. Ich kann übrigens einen Gedanken nicht unterdrücken, der sich mir bei Untersuchung der hieher gehörigen Pflanzen wiederholt aufdrängte, nämlich ob darunter nicht hybride Formen vorkommen möchten. Während die überall und in grosser Menge wachsenden Arten sich durch eine grosse Constanz ihrer morphologischen Merkmale auszeichnen, scheinen einige, die nur an wenigen Localitäten und spärlich gefunden werden, zwischen den morphologischen Haupttypen hin und her zu schwanken, so M. Gailloni, Dudresnayi, gallicum, affine. — Die letztere Art habe ich fragweise zu Maschalosporium gestellt. Sie stimmt mit demselben in dem monopodialen Wuchs, in dem Mangel der endständigen Haare und darin überein, dass häufig 2 Tetrasporen auf einem Gliede stehen. Sie unterscheidet sich von demselben durch 2—3 kleine Antheridien auf einem Glied (wie bei Poecilothamnion granulatum); ferner sehe ich nie Antheridien oder Tetrasporen auf einem verzweigten Glied, wesshalb mir auch die morphologische Deutung derselben unentschieden bleibt; diese Organe scheinen an der nämlichen Seite der Glieder zu stehen wie bei Callithamnion.

M. gallicum. Die Pflanze wird 2 Zoll hoch. Stämmchen und Aeste sind berindet. Die Verzweigung ist vorherrschend alternirend-zweizeilig; sie beginnt auf dem ersten Gliede eines Astes und zwar auf dessen äusserer Seite; ausnahmsweise können 2 successive Glieder ihre Seitenstrahlen auf der gleichen Seite tragen. Die zweizeilige Stellung der Aeste erleidet hie und da eine Ausnahme, indem die gewöhnliche Divergenz $^1/_2$ durch einige kleinere Divergenzen $^3/_8$ — $^1/_4$ unterbrochen werden kann; an diesen Stellen sind die Aeste nach allen Seiten gekehrt. So fand ich an einem Hauptstrahl vom Grunde an viermal die Divergenz $^1/_2$, dann viermal $^3/_8$, zweimal $^1/_4$, drei-

mal $^1/_3$ und später fortwährend $^1/_2$, an einem andern zuerst neunmal $^1/_2$, dann viermal $^3/_8$ nachher wieder $^1/_2$. Die Verzweigung der Aeste geschieht in der Regel in der nämlichen Ebene wie die des Hauptstrahls, so dass also fast die ganze Pflanze sich in einer Ebene ausbreitet. Indessen verzweigen sich doch manche Strahlen rechtwinklig zu dieser Ebene, und diess thun namentlich alle diejenigen, die an ihren respektiven Mutterstrahlen schraubenständig (Divergenz $< ^1/_2$) inserirt sind. Die untersten Zweige an einem Aste sind klein und einfach, dann folgen einige spärlich getheilte; diese Zweige sind meistens einwärts gekrümmt. Die Tetrasporen stehen einzeln oder zu 2 über einander auf einem verzweigten und unverzweigten Glied, an den Strahlen der letzten und vorletzten Ordnung und zwar meistens an den 2 — 5 untersten Gliedern derselben. — Diese Pflanze wurde von Crouan fr. Alg. mar. du Finistère Nr. 154 als Callithamnion Brodiaei ausgegeben. Sie ist von Poecilothamnion Brodiaei (Harv.) sowohl durch den Habitus als die microscopischen Merkmale gänzlich verschieden. Etwas näher scheint sie mit Callithamnion guttatum J. Ag. Spec. II 55, welches Crouan als Synonym anführen, verwandt. Allein sie kann diese Art eben so wenig sein, denn J. Agardh sagt von C. guttatum „ramis inferioribus quoquoversum egredientibus" (bei M. gallicum sind sie distichi), „plumas distiche pinnatas latus subplanum rachidi advertentes" (bei M. gallicum liegen weitaus die meisten Verzweigungen in einer Ebene) und „articuli ad genicula contracti" (bei M. gallicum sind die Gelenke nicht im Geringsten eingeschnürt). Endlich sagt J. Agardh von C. guttatum, es stehe dem Dorythamnion tetragonum sehr nahe, was von M. gallicum in keiner Beziehung gilt; letzteres erinnert in seinem Habitus eher an eine sehr zarte Ptilota elegans.

Monospora Solier.

Alle aufrechten Thallomstrahlen gleichwerthig, begrenzt, sympodial - verzweigt, mit 1 Tochterstrahl auf einem Glied und

mit regelmässig alternirender Stellung, unten mit abstehenden Stolonen. Haplosporen seitlich an den Strahlen der spätern Ordnungen, gestielt, 1—2 an einem Glied, welches in der Regel schon einen Seitenstrahl trägt (nie die Stelle des letztern einnehmend). Antheridien? Terminale Keimköpfchen?

Die Stämmchen und Aeste wachsen durch sympodiale Verzweigung unbegrenzt in die Länge. Sie tragen auf jedem Glied einen einfachen oder wenig getheilten begrenzten Zweig, und hin und wieder statt desselben einen unbegrenzten Ast. Die Divergenz beträgt meistens $^1/_4$, sie kann auch grösser sein (ungefähr $^1/_3$ oder selbst $^1/_2$). An dem Aste steht der unterste Zweig rechts oder links, 90° von der Anheftungstelle des erstern entfernt. Dass die Aeste sich durch sympodiales Wachsthum verlängern und dass ihre unbegrenzte Verlängerung nichts anders ist als eine unbegrenzte Wiederholung (Verzweigung) begrenzter Strahlen, lässt sich an den wachsenden Enden bestimmt nachweisen (Fig. 20). — Jeder Strahl besteht in der Regel nicht mehr als aus 3—5 Zellen; daher die seitlich geschobenen Zweige 2—4 zellig sind (das unterste Glied nimmt an der Bildung des Sympodiums theil). Die Endzellen sind cylindrisch mit stumpfen Enden, oder keulenförmig.

Die untern Theile der Pflanze sind mit Stolonen besetzt, welche aus dem Grunde der Basilarglieder der Zweige und Aeste so wie aus dem Grunde, seltener aus der Mitte der übrigen Glieder der Stämmchen und Aeste entspringen. Sie legen sich nicht zur Berindung an, sondern gehen rechtwinklig ab, sind gegliedert, hin und wieder verzweigt, zuweilen etwas torulos und unterscheiden sich von den Thallomstrahlen durch geringere Dicke.

Die Sporen sind gross, ungetheilt, mit rundlichen Stärkekörnern und gefärbtem Protoplasma erfüllt. Sie stehen auf einem kurzen einzelligen Stiel, und sind fast immer an den Gabelungen der Zweige befestigt (wie bei Poecilothamnion), indem sie von der Insertion des vegetativen Seitenstrahls ungefähr um 90° abstehen (Fig. 20, h). Auch das unterste Glied

der einfachen Enden der Zweige (welches also keinen Seitenstrahl trägt) erzeugt häufig eine Spore. Nicht selten bildet sich auf dem sporentragenden Glied später eine zweite gleiche Spore, welche etwas tiefer inserirt und zugleich etwas seitlich geschoben ist.

Nach J. Agardh (Spec. Alg. II, 71) sollen bei beiden Species die Sporen noch auf eine zweite Art vorkommen. Sie sind am Ende der Aeste auf mehr oder weniger veränderten Zweigen in grosser Menge gehäuft, und bei M. pedicellata von einer Hülle äusserer Zweige umgeben. Da J. Agardh auch die Keimköpfchen von Herpothamnion für gehäufte Sporenmutterzellen hielt, so liegt die Vermuthung nahe, ob diese Organe von Monospora nicht Keimköpfchen sein könnten.

Diese Gattung hat drei verschiedene Namen bekommen. Ich habe sie im Jahr 1844 in meinen Notizen Septothamnion genannt (σηπτὸς. verfault), weil die hieher gehörigen Pflanzen so schnell in Fäulniss übergehen. Solier nannte sie Monospora (wann und wo?). J. Ag. (Spec. Alg. II) gab ihr im Jahr 1852 den Namen Corynospora. Von diesen Benennungen hat Monospora als die zuerst publicirte die Priorität. M. clavata (Schousb.) Solier und M. pedicellata (Sm.) Solier gehören hieher. Corynospora pinnata Crouan dagegen hat wegen ihres monopodialen Wachsthums wohl keine nähere Verwandtschaft.

tetraedrisch, an den Quirlzweigen theils gestielt, theils sitzend, die Stelle von vegetativen Strahlen einnehmend. Antheridien? Keimhäufchen am Grunde der Zweige?

A. Eupterothamnion.

Quirlzweige einfach- oder mehrfach-gefiedert. Tetrasporen kreuzförmig, an den Zweigstrahlen seitlich, theils sitzend, theils gestielt.

Die unbegrenzten Strahlen verzweigen sich in einer Ebene monopodial oder kamptopodial (dichotomisch); sie tragen meist je auf dem 2. — 5. Gliede alternirend rechts und links einen unbegrenzten Seitenstrahl; dem ersten Seitenast geht ungefähr die doppelte Gliederzahl voraus. Die (begrenzten) Zweige sind opponirt oder quirlständig, in der Art, dass die (unbegrenzten) Aeste die Stelle eines Quirlzweiges einnehmen. Wenn nur 2 Zweige gegenüber auf einem Glied stehen, so befinden sie sich alle in der gleichen Ebene mit den Aesten. Die Entstehung der Quirlstrahlen beginnt an den asttragenden Gliedern mit dem Aste, und an dem Internodium unter dem Aste auf der nämlichen Seite mit dem ersten Zweige. Dann folgt der gegenüberliegende Zweig und bei vierzähligen Quirlen etwas später die zwei, welche mit den beiden ersten ein Kreuz bilden. Die Arten mit opponirten Zweigen können überdem einzelne Zweige oder Adventiväste, welche um 90° von der Verzweigungsebene entfernt sind, erzeugen.

Die Quirlzweige sind monopodial-verzweigt und begrenzt; sie bestehen aus 2 — 6 Strahlenordnungen; die Seitenstrahlen stehen einseitig dem relativen Hauptstrahl zugekehrt, oder opponirt-zweizeilig dem Hauptstrahl zu- und abgekehrt, so dass also die Verzweigungsebene der beiden ersten Quirlstrahlen mit der Verzweigungsebene der ganzen Pflanze zusammentrifft und diejenige der beiden letzten Quirlstrahlen mit derselben einen rechten Winkel bildet.

Hin und wieder kommen am unteren Theile der Pflanzen fadenförmige einzellige und gegliederte Ausläufer vor, die meist

aus den Basilargliedern der Aeste und Zweige, seltener auch aus anderen Gliedern derselben entspringen.

Die Tetrasporen entstehen oft aus dem Endglied eines Zweigstrahls der letzten Ordnungen; zuweilen verwandelt sich auch der ganze Zweigstrahl in eine Tetraspore. Sie sind also theils sitzend theils gestielt und liegen in der Verzweigungsebene des ganzen Zweiges. Wenn sie gestielt sind, so ist der Stiel 1—3gliedrig, einfach oder verzweigt, indem er wieder entweder sitzende oder gestielte Tetrasporen, selten kurze sterile Zweigstrahlen trägt. — Ueber das Nähere betreffend die vegetativen Verhältnisse und die Stellung der Tetrasporen, verweise ich auf die monographische Beschreibung im ersten Hefte der pflanzenphysiol. Untersuchungen.

Die Keimhäufchen sind an den Enden der Aeste gehäuft. An den getrockneten Exemplaren, die mir zu Gebote standen, war es unmöglich, die anatomischen und die Entwicklungsverhältnisse genau zu verfolgen. Wie es scheint, bilden sich die Keimhäufchen am Grunde der Zweige auf ähnliche Weise wie bei Callithamnion. Dem vegetativen Seitenstrahl steht ein haartragender Zellencomplex (Trichophor) gegenüber.

Zu Eupterothamnion gehören die früher als Callithamnion aufgeführten Arten und Formen: Pt. Plumula (Ellis) Näg., Pt. macropterum (Menegh.), Pt. simile (Hook. fil. et Harv.), Pt.? polyacanthum (Kg.), Pt. crispum (Ducluz.) = Callithamnion refractum (Kg.), Pt. Orbignyanum (Mont.), Pt. americanum (Harv.), Pt.? Pylaisaei (Mont.), Pt.? Ptilota (Hook. f. et Harv.), Pt.? ternifolium (Hook. f. et Harv.), Pt.? subnudum (Ruprecht), Pt.? pusillum (Ruprecht), Pt.? lapponicum (Ruprecht.)

Pt. Pylaisaei gehört nach der Beschreibung und nach der Abbildung von Harvey (Nereis americanoborealis II, 238) höchst wahrscheinlich hieher. J. Agardh. (Spec. II, 705) führt die Pflanze als eine Art der Gattung Wrangelia auf und glaubt, dass sie mit W. multifida (Sphondylothamnion m.) sehr nahe verwandt sei. Diess kann indess, wenn die angeführte Zeichnung genau ist, nicht der Fall sein, denn die Tetrasporen ha-

ben offenbar die *Stellung* von tertiären und quartären Zweigstrahlen.

B. Haplocladium[28].

Zweierlei aufrechte Thallomstrahlen, unbegrenzte Stämmchen und Aeste und begrenzte opponirte fast einfache Zweige auf allen Stammgliedern; beide nackt, unten mit einzelnen abstehenden Stolonen; Aeste und Zweige der ganzen Pflanze ziemlich in einer Ebene. Tetrasporen tetraedrisch, gestielt, aus der Scheitelzelle eines Zweigstrahles entstanden. Antheridien? Keimfrüchte?

Die vegetative Entwicklung verhält sich ähnlich wie bei Eupterothamnion, nur sind die Verhältnisse im Ganzen einfacher; die Stamm- und Astglieder tragen nur je 2 Zweige oder einen Zweig und einen Ast; der primäre Zweigstrahl ist ganz einfach oder trägt einzelne einfache secundäre Strahlen. Eine ausführlichere Schilderung habe ich in den Pflanzenphysiol. Untersuchungen Heft I. p. 57 Taf. V. und VI. 1—10 gegeben. — Am untersten Theile der Pflanze finden sich fadenförmige, langgegliederte, meist einfache Stolonen, welche aus den Basilargliedern der Aeste und Zweige entspringen und von der äusseren und untern Seite derselben horizontal abgehen.

Die Tetrasporen stehen immer auf eingliedrigen Stielen. Selten sind sie unmittelbar an den Aesten angeheftet, indem sie die Stelle eines ganzen Zweiges einnehmen. Gewöhnlich befinden sie sich an dem primären Zweigstrahl und zwar meistens auf der innern Seite des zweiten und dritten Gliedes, ausnahmsweise auch an der äussern Seite des Basilargliedes, sie haben also die Bedeutung eines secundären Strahles. Indessen kann der Stiel der Tetraspore auf der innern (dem primären Zweigstrahl zugekehrten) Seite selbst wieder eine gestielte Tetraspore tragen, welche nun die Stelle eines tertiären Strahls behauptet.

---

(28) ἁπλόος, simplex; κλάδος, Zweig.

tragen bloss solche abortirte Sporenmutterzellen. Bei andern bildet das oberste Glied ihres Stieles auf der innern (dem Hüllzweige opponirten) Seite entweder eine sitzende oder eine gestielte Tetraspore.

Antithamnion ist sehr nahe mit Pterothamnion verwandt, so dass ich beide in eine Gattung vereinigt hätte, wenn nicht der verschiedene Habitus eine Verschiedenheit in den übrigen noch unbekannten Fortpflanzungsorganen möglicherweise in Aussicht stellte. — Zu Antithamnion gehört ausser A. cruciatum (Ag.) Näg. ohne Zweifel auch A. mucronatum (Callithamnion m. J. Ag.). Vielleicht ist Callithamnion Corallina Ruprecht ebenfalls hieher zu ziehen.

Sphondylothamnion[30] (Mscr. 1844).

Zweierlei aufrechte unberindete Thallomstrahlen, unbegrenzte Stämmchen und Aeste, und begrenzte Quirlzweige auf allen Stammgliedern, welche sich in einer zum tragenden Ast tangentialen Ebene verzweigen. Tetrasporen kreuzförmig, an dem untersten Theil der Quirlzweige auf der innern Seite sitzend, einzeln an Gliedern, welche meist schon 1 — 2 Seitenstrahlen tragen (nie die Stelle von solchen einnehmend). Antheridien? Keimköpfchen auf kurzen Aesten terminal, von Hüllzweigen umgeben.

Jedes Glied trägt einen gewöhnlich 4zähligen Quirl von Seitenstrahlen. Davon ist meistens einer ein (unbegrenzter) Ast, die übrigen (begrenzte) Zweige; es können aber auch 2 Aeste und 2 — 3 Zweige oder bloss 4 — 5 Zweige auf einem Glied stehen. Man findet auf einem Stämmchen oder Aste gewöhnlich zuerst mehrere Glieder, die nur mit Quirlzweigen besetzt sind, dann auf allen folgenden Gliedern meist je einen Ast, zuweilen deren zwei. Es kann aber auch das Basilarglied eines Astes schon einen Ast erzeugen. Ferner sind späterhin häufig

---

(30) σφόνδυλος, verticillus.

einzelne Glieder oder Gruppen von Gliedern astlos. — Die Ordnung, in welcher die Quirlstrahlen angelegt werden, ist folgende: dem ersten gegenüber bildet sich der zweite, dann zwischen beiden noch je 1 oder auch 2. Wenn ein Glied einen Ast trägt, so ist es immer der zuerst angelegte Quirlstrahl; sind 2 Aeste vorhanden, so sind sie opponirt und entsprechen den beiden ersten Quirlstrahlen. Der eine ist immer stärker entwickelt als der andere. Trägt das Glied nur einen Ast, so ist der demselben gegenüberliegende Zweig meistens stärker als die beiden übrigen. Besteht der Quirl bloss aus Zweigen, so zeichnen sich 2 opponirte gewöhnlich durch etwas beträchtlichere Grösse aus. — Ueber die Stellung der ersten Quirlstrahlen an den successiven Gliedern eines Astes gibt uns die Anordnung der Aeste im entwickelten Zustande und die Untersuchung der Stammspitze Aufschluss. In letzterer Beziehung sind namentlich die im Herbst gesammelten Pflanzen günstig, welche aufgehört haben zu wachsen. Bei ihnen sind die Stammenden verlängert und tragen an den obern Gliedern nur je einen oder auch 2 Seitenstrahlen. Aus beiden Beobachtungen geht übereinstimmend hervor, dass die Pflanze die Neigung hat, die ersten Quirlstrahlen alternirend zweizeilig (mit einer Divergenz von $^1/_2$) anzulegen. Es können dieselben aber auch streckenweise (auf 2–4 Gliedern) einseitig stehen (Div. = 0). Ferner kann auch auf kürzern oder längern Strecken die Divergenz zwischen 0 und $^1/_2$ betragen, wobei kein Werth ausgeschlossen ist, so dass sie bald wenig mehr als 0, bald $^1/_4$ und bald wenig geringer als $^1/_2$ ist. — Auf dem Basilarglied eines Astes ist der erste Quirlstrahl gewöhnlich dem Stamme abgekehrt, auf dem zweiten Glied zugekehrt.

Die Quirlzweige bestehen aus begrenzten Strahlen mit begrenzter Wiederholung. Sie sind bei stärkerer Verzweigung am Grunde opponirt-, weiterhin alternirend- und zuletzt oft einseitig-gefiedert. Bei geringerer Verzweigung stehen die secundären Strahlen vom Grunde an alternirend-zweizeilig oder auch wohl einzeilig. Wo das Wachsthum aufhört oder beginnt (am Grunde

aller und an den Enden der nicht mehr wachsenden Aeste) findet man auch einfache Quirlzweige. Die Verzweigung ist gewöhnlich monopodial; sie kann hin und wieder auch ein dichotomisches Aussehen zeigen. — Die Verzweigungsebene der Quirlzweige ist tangential zu dem Ast, an dem sie befestigt sind.

Die Tetrasporen stehen an dem untersten Theile der Quirlzweige, und sind nach dem Stämmchen oder Aste gekehrt. Ihre Bildung beginnt auf dem Basilarglied des primären Strahles und rückt von da zu den folgenden Gliedern des nämlichen und den untersten Gliedern der secundären und tertiären Strahlen fort. Wenn das Glied, auf dem die Tetraspore steht, einen oder 2 Seitenstrahlen trägt, so ist dieselbe um 90° von deren Insertionspunkt entfernt. Ist das Glied unverzweigt, so steht die Tetraspore an der nämlichen Stelle, wo sie sich befinden würde, wenn ein Seitenstrahl vorhanden wäre. Die Stellung ist also die nämliche wie bei Poecilothamnion, und beweist auch hier, dass die Tetrasporen nicht metamorphosirte Zweigstrahlen sind.

Von den Tetrasporen sagt J. Agardh (Spec. II, 706), dass sie dreieckig getheilt seien. An meinen Exemplaren aus England und Frankreich finde ich nur kreuzförmige Theilung. Die Mutterzelle halbirt sich zuerst durch eine Querwand; dann theilt sich jede Hälfte durch eine Längswand. Da aber die Querwand meist etwas gebogen, häufig ausserdem etwas schief gerichtet ist, so fällt die kreuzförmige Theilung nicht auf den ersten Blick so deutlich in die Augen, wie es bei einigen andern Gattungen der Fall ist.

Von Sphondylothamnion kenne ich nur eine Art, die bisher zu Griffithsia, Callithamnion und Wrangelia gestellt wurde: Sph. multifidum (Huds).

An die Callithamnieen im engern Sinne schliessen sich folgende Gattungen nahe an.

Wrangelia (Ag. part.)

Zweierlei aufrechte Thallomstrahlen; unbegrenzte berindete

Stämmchen und Aeste, und begrenzte nackte Quirlzweige auf allen Stammgliedern. Tetrasporen tetraedrisch, am untersten Theil der dichotomisch getheilten Zweige, und zwar auf den eingliedrigen Strahlen der erten Ordnungen terminal (und an denselben lateral-sitzend ?). Antheridien auf den Zweigstrahlen endständig. Keimköpfchen auf kurzen Aesten terminal, von Hüllzweigen umgeben.

Auf jedem Glied der Stämmchen und Aeste steht ein 5zähliger Quirl von Seitenstrahlen, von denen gewöhnlich einer ein Ast, die übrigen Zweige sind. Die successiven Quirle alterniren. Die Aeste sind alternirend-zweizeilig (Divergenz = $^1/_2$); diese beiden Zeilen können auch einander genähert sein, mit einem Abstand von $^3/_{10}$ des Umfanges oder mehr. — Die Quirlzweige sind in ihren untern und centralen Partieen monopodialverzweigt, zu unterst mit gegenständigen, weiterhin mit alternirenden Seitenstrahlen; in ihren obern und peripherischen Partien sind sie pseudodichotomisch-verästelt. An den Monopodien gehen die Seitenstrahlen nach allen Richtungen ab; die Dichotomieen alterniren kreuzweise. Von den Basilargliedern der Zweige wachsen je 2 oder 3 Berindungsfäden nach unten, welche Stämmchen und Aeste mit einem dichten Rindengeflecht bedecken.

Die fertilen dichotomisch verästelten Quirlzweige tragen an ihren untersten Gliedern je eine Tetraspore. Dieselbe ist, wie die Entwicklungsgeschichte zeigt, immer endständig auf einem eingliedrigen Strahl. Zuerst verwandelt sich nämlich die Scheitelzelle des zweizelligen primären Strahls, dann die Scheitelzellen der ebenfalls zweizelligen opponirten secundären Strahlen in Sporenmutterzellen. Damit kann die Sporenbildung aufhören oder in gleicher Weise sich noch ein oder zwei Mal fortsetzen; die Strahlen der spätern Ordnungen sind steril.

Die Keimzellen entstehen an den veränderten Quirlzweigen auf den verkürzten Endgliedern besonderer Keimäste. Die Glieder dieser Quirlzweige bleiben kurz und tragen theils terminale theils laterale Keimzellen. Einzelne Strahlen bleiben steril und

bilden sich eigenthümlich aus, indem sie sich einwärts biegen und auf der äusseren Seite in ausgezeichnetem Grade rosenkranzförmig werden, wobei ihre Zellen nach oben an Grösse und besonders an Dicke zunehmen. Man beobachtet oft deutlich eine sympodiale Verzweigung der keimzellentragenden Quirlzweige; die Strahlen der ersten Ordnungen sind fertil, die der letzten steril. An denselben kommen auch Trichophore vor, welche aus 4—5 Zellen bestehen und in ein ziemlich langes Haar ausgehen. — Die keimzellentragenden Quirlzweige sind in eine kugelige Masse zusammengeballt und von zahlreichen Hüllzweigen umgeben.

Von Wrangelia kenne ich nur die eine Art W. penicillata Ag.

Crouania J. Ag. Alg. medit. 83.

Zweierlei aufrechte Thallomstrahlen, unbegrenzte Stämmchen und Aeste, und begrenzte opponirte oder quirlständige Zweige auf allen Stammgliedern, welche unten quirlartig- oben dichotomisch-getheilt sind; beide unberindet, unten mit einzelnen abstehenden Stolonen; die successiven Paare oder Quirle alternirend. Tetraedrische Tetrasporen einzeln auf dem Basilarglied der Quirlzweige (terminal?). Antheridien? Keimhäufchen am Grunde der Quirlzweige.

Bei einer Art finde ich die Zweige in 3zähligen Quirlen, bei der zweiten opponirt. Die Aeste stehen meist je auf dem 4—5., seltener schon auf dem zweiten oder erst auf dem 8.—10. Gliede. Sie nehmen nicht die Stelle eines Quirlzweiges ein, sondern stehen zwischen denselben, so dass bei der erstern Art die asterzeugenden Glieder 4zählige Quirle tragen. Die Zweige sind vom Grunde an kamptopodial- (zuerst doldenförmig- nachher gabelig-) verästelt; zuweilen gewähren sie im untersten Theile ein monopodiales Aussehen. Die kamptopodiale Verästelung eines Zweiges wiederholt sich 3—5mal; auf dem Basilargliede stehen 3—4, seltener 5 Strahlen. Die Schei-

telzellen der Zweigstrahlen verlängern sich zu dünnen Häärchen, die an der Basis zwiebelförmig angeschwollen sind und bald abfallen. — Aus den Basilargliedern der Zweige wachsen an den älteren Theilen der Pflanze hin und wieder horizontal abgehende gegliederte einfache Fäden (Stolonen) hervor. — Zu Crouania gehören 2 Formen: C. attenuata (Bonnem.) J. Ag. und C. tetrasticha (Mscr. 1848). Letztere Pflanze wurde von Mettenius bei Fiume gesammelt; sie unterscheidet sich von ersterer durch etwas kleineren und schmächtigeren Wuchs und besonders durch die opponirten Zweige, während dieselben bei C. attenuata in dreizähligen Quirlen stehen.

B. Bisporium (Mscr. 1849.)

Wie Crouania, aber mit Disporen statt der tetraedrischen Tetrasporen

Diese Section stimmt mit Crouania habituell und morphologisch überein. Die Zweige stehen in dreizähligen Quirlen und sind zuerst tetrachotom-, dann trichotom-, zuletzt dichotom-getheilt. Hin und wieder steht neben den Quirlzweigen ein Ast. Die einzige Verschiedenheit besteht in der Sporenbildung; die Sporenmutterzellen sind oval und theilen sich einmal durch eine Querwand. Nach Crouan sollen am Grunde eines Quirlzweiges je 2 Disporen vorkommen; ich finde deren nur eine, welche am Basilarglied angeheftet ist und lateral zu sein scheint. — Die einzige bekannte Art Crouania bispora Crouan betrachtete ich früher als besondere Gattung und nannte sie Bisporium Crouani (Mscr. 1849); da sich nun bei Poecilothamnion Miscosporium die nahe Verwandtschaft von Disporen und tetraedrischen Tetrasporen herausgestellt hat, so scheint mir die generische Trennung unzulässig.

Dudresnaja (Bonnem.) Crouan.

Zweierlei aufrechte Thallomstrahlen, unbegrenzte berindete Stämmchen und Aeste und begrenzte nackte Quirlzweige auf

allen Stammgliedern; Zweige unten quirlartig-, oben dichotomisch-getheilt. Tetrasporen zonenförmig, an den Zweigstrahlen terminal. Antheridien? Keimhäufchen am Grunde der Quirlzweige.

Die Zweige stehen in vierzähligen, alternirenden Quirlen. Hin und wieder trägt ein Glied auch einen Ast. Die Zweige sind bald von der Basis an kamptopodial- (zuerst doldenförmig-nachher gabelig-) verästelt, bald sind sie unten monopodial-ausgebildet mit drei und vierzähligen oder opponirten Seitenstrahlen. Die kamptopodiale Verästelung eines Zweiges wiederholt sich 5—9mal. Aus dem Basilarglied der Zweige, nachher auch aus anderen ihrer untersten Glieder wachsen Berindungsfäden nach unten, welche die Gliederzellen der Stämmchen und Aeste mit einem dicken Rindengeflecht bedecken, so dass man zuletzt von den Gliederzellen im unveränderten Zustande nichts mehr wahrnimmt. Sie werden aber in den oberen Theilen der Pflanze sowohl auf Querschnitten als beim Zerdrücken sichtbar, und zeigen sich als weiche langgestreckte (bis $^1/_2$ M. M. lange) Zellen. Kützing (bot. Zeit. 1847 p. 165) hat das anatomische Verhalten unrichtig dargestellt. Auch J. Agardh begeht, wie ich glaube, einen Irrthum, wenn er sagt, dass die Gliederzellen später durch innere Theilung zellig (d. h. gewebeartig) werden (Alg. medit. 84 und Spec. Alg. II, 107). Wenn ich mich auf eine zwar schon vor geraumer Zeit (im Jahr 1844) gemachte Untersuchung verlassen kann, so verschwinden zwar die Gliederzellen in den älteren Theilen der Pflanze, ihr Raum wird aber durch die von aussen kommenden Berindungsfäden eingenommen. — Aus den Berindungsfäden und zwar aus dem unteren (apikalen) Ende ihrer Glieder entspringen Adventivzweige, von einfacherer Verzweigung als die Quirlzweige. — Die zonenförmig getheilten Sporenmutterzellen stehen auf 3—8gliedrigen Stielen, welche an Gliedern, die bereits 2 oder 3 vegetative Strahlen tragen, sich bilden und nachher sich verzweigen. — Von Dudresnaja sind nur zwei Arten bekannt: D. coccinea (Poir.) Bonnem. und D. purpurifera J. Ag.

Gloiosiphonia Carm.

G capillaris (Huds.) Carm. hat in ihrem Bau eine grosse Aehnlichkeit mit Dudresnaja. In den jüngeren Theilen der Pflanze findet man eine Reihe von langgestreckten Achsengliedern, welche etwas über der Mitte je einen Quirl von 4 kurzen Zellen tragen. Jeder dieser 4 Zellen sind auf der äusseren Seite 3–4 Zellen aufgesetzt, welche ihrerseits wieder je 2—3 Zellen tragen; die weitere Verzweigung ist dichotomisch. Die äussersten Zellen legen sich zu einer scheinbaren Rinde zusammen. Schon sehr frühzeitig entstehen an jeder der 4 das Achsenglied umgebenden Zellen 1 oder mehrere gegliederte Fäden, welche nach unten wachsend und immer zahlreicher werdend die Achsenglieder umhüllen. Später findet man an der Stelle der letzteren eine Höhlung. — Die Keimhäufchen werden an einer oder auch an zwei der 4 die Achsenglieder umgebenden Zellen angelegt. Sie bestehen in ihrem inneren und unteren Theile aus ziemlich zahlreichen Tragzellen, welche von einer Basilarzelle ausgehend eine einseitig sich ausbreitende Verzweigung darstellen. Jedes Ende derselben trägt eine Gruppe von 4–8 Keimzellen; alle Keimzellengruppen sind dicht zusammengedrängt und umhüllen den verzweigten Keimboden fast vollständig. Ausserdem sind an dem Keimboden noch 1 oder 2 Gruppen von farblosen mit wenig Inhalt versehenen Zellen befestigt, welche sich nicht weiter theilen noch ausbilden und sowohl im Aussehen als in der Zusammenordnung an das Trichophor der übrigen Ceramiaceen erinnern. Ein wirkliches Haar wurde nicht beobachtet, wohl aber Andeutungen von einem solchen. — J. Agardh (Spec. Alg. II, 160) sagt, es mangeln der Gattung Gloiosiphonia die Achsenzellen (Axis articulatus); doch sind sie in früheren Stadien leicht unter den noch spärlicher vorhandenen abwärts wachsenden Fäden zu erkennen, indem sie die Glieder der letzteren um das 2—3fache an Dicke und um das 5—6fache an Länge übertreffen. Auch im Uebrigen ist bei dem genannten Autor die Anatomie der Pflanze und der Keimhäufchen etwas ungenau und unvollständig. — Ob

die Pflanze wirklich zu den Ceramiaceen gehöre und neben Dudresnaja zu stellen sei, wage ich nicht zu entscheiden Da mir nur getrocknete Exemplare zu Gebote standen, so blieben noch wesentliche Punkte der Entwicklungsgeschichte sowie des anatomischen Verhaltens unerledigt

Atractophora Crouan Ann. sc. nat. 1838 II. p. 371.

Zweierlei aufrechte Thallomstrahlen, unbegrenzte berindete Stämmchen und Aeste und begrenzte nackte Quirlzweige auf allen Stammgliedern; Zweige fiederartig- und dichotomisch-getheilt. Tetrasporen? Antheridien? Keimköpfchen (?) am Grunde der Quirlzweige.

An jedem Glied der unbegrenzten Thallomstrahlen werden in der Regel 4, seltener 3 seitliche in einem Quirl stehende Strahlen angelegt. Die zwei ersten Seitenstrahlen aller successiven Glieder liegen in einer Ebene und die Quirle sind opponirt. Von diesen 4 Strahlen eines Quirles wird gewöhnlich einer ein unbegrenzter Ast, die anderen begrenzte Zweige; zuweilen findet man 2 Aeste auf einem Glied, zuweilen trägt das Glied bloss Zweige, was besonders am Grunde der Aeste vorkommt. Die Ebene, in welcher ein Ast die beiden ersten Seitenstrahlen seiner Glieder bildet, ist zum Hauptstrahl tangential; das Nämliche gilt für die Zweige. Die letztern bestehen aus begrenzten 1—10gliedrigen Strahlen, welche (immer?) in eine haarförmig verlängerte hinfällige Scheitelzelle endigen. Zuweilen wird schon die obere Zelle des zweizelligen primären Strahles haarförmig, so dass der letztere zeitlebens eingliedrig bleibt, wofür er aber längere unb verzweigte Seitenstrahlen erzeugen kann. — Aus der Basilarzelle der Aeste und Zweige wachsen frühzeitig Berindungsfäden nach unten, welche die Aeste und Stämmchen mit einem dicken Geflecht bedecken. Aus diesen Berindungsfäden kommen zahlreiche Adventivzweige. — A. hypnoides Crouan.

Crouan stellt Atractophora neben Dudresnaja und der Bau der Pflanze rechtfertigt diese Verwandtschaft. J Agardh (Spec.

Alg. II, 712) betrachtet sie als eine Art der Gattung Naccaria; dieser Vereinigung scheinen die vegetativen Merkmale zu widerstreben. Bei Naccaria sind die langen Gliederzellen von einigen Schichten weiter parenchymähnlicher Zellen umschlossen, auf welche das Geflecht der Rindenfäden folgt. Die Entwicklungsgeschichte bietet, wenigstens an der getrockneten Pflanze, fast unüberwindliche Hindernisse und desswegen ist auch die morphologische Deutung noch nicht ganz sicher. Wie mir scheint, bestehen die Enden der Aeste wie bei Atractophora aus einer mit kurzen Zweigen besetzten Zellenreihe, bei deren Anlegung indess nicht unerhebliche Abweichungen vorkommen. An manchen Zweigstrahlen beobachtet man, wie bei Atractophora, hinfällige haarförmige Enden. In einer gewissen Entfernung von der Astspitze fällt der äussere Theil der Zweige ab; es bleibt nur deren innerer Theil zurück und stellt 2—3 Schichten von weiten parenchymähnlichen Zellen dar, welche sich an der Oberfläche mit einem Rindengeflecht bedecken. Von Bonnemaisonia, womit Naccaria von Crouan verglichen wird, weicht dieselbe durch Bau und Entwicklungsgeschichte ab. — Da die Fortpflanzung von Atractophora und Naccaria nach dem Zeugniss von Crouan und J. Agardh genau übereinstimmt (ich kenne die erstere nur im sterilen Zustande), so kann wohl kein Zweifel über die enge Verwandtschaft der beiden Gattungen bestehen. Es scheint mir aber die Frage über ihre Stellung im System eine noch ganz offene zu sein. Sind es überhaupt Florideen? Wenn es Florideen sind, wo reihen sie sich am nächsten an und welche Bedeutung haben die einzigen bei ihnen bekannten Fortpflanzungsorgane? Sind es Cystocarpien, wie man vermuthet, oder Haplosporen, wie sie Monospora hat? Wenn Atractophora und Naccaria wirklich zu den Ceramiaceen gehören, wie es ihr Bau andeutet, so möchte ich in den Fortpflanzungsorganen eher ungetheilte Sporen (Haplosporen) als Cystocarpien vermuthen, indem der Bau der letzteren zu abweichend ist und auch vergeblich das sonst nie mangelnde Trichophor gesucht wurde.

Bornetia. Thuret Mém. de la soc. imp. d. sc. nat. de Cherbourg 1855 pag. 153

Zweierlei aufrechte unberindete Thallomstrahlen, verästelte Stämmchen, und fruchtbare oder umhüllende begrenzte Zweige an einzelnen Stammgliedern. Die sporentragenden Zweige einzeln (selten zu 2) an einem Glied, alternirend-gefiedert und oberwärts gabelig-getheilt; Tetrasporen tetraedrisch, mehrere an einem Glied, das schon einen Seitenstrahl trägt. Antheridien einzeln an analogen Gliedern. Keimköpfchen von Hüllzweigen umgeben, seitlich an den Aesten.

Die sporentragenden Zweige stehen einseitig an der innern Seite der Aeste, je einer auf einem Glied. Zuweilen trägt das unterste der Glieder ausserdem einen Ast, welcher um 90° von dem Zweig entfernt ist. Selten trägt dasselbe zwei opponirte Zweige. — Der primäre Strahl ist einwärts gebogen; er trägt alternirend-zweizeilige secundäre Strahlen, welche einwärts gekehrt und ebenfalls etwas gebogen sind. Die gleiche Verzweigung wiederholt sich an den secundären und den folgenden Strahlen, wobei sie indess den gefiederten Charakter allmählich in den dichotomischen umwandelt. Die Strahlen aller 4 — 6 Ordnungen bilden eine Art Involucrum, das einen Hohlraum umschliesst. Die Tetrasporen stehen zu 3 — 6 auf der inneren Seite der Glieder aller Strahlen mit Ausnahme der primären, 90° von den Seitenstrahlen oder der Dichotomieebene entfernt. — Die antheridientragenden Zweige verhalten sich wie die tetrasporentragenden, nur sind sie etwas weniger verästelt. Die Antheridien sind länglich und stehen einzeln an den Gabelungen, auch des primären Strahls. — Die Keimfrüchte sind mir unbekannt; über die Morphologie derselben lässt sich aus der Abbildung von Thuret nichts entnehmen.

Bornetia secundiflora (J. Ag.) Thuret.

Griffithsia (Ag. part.)

Zweierlei aufrechte unberindete Thallomstrahlen, verästelte Stämmchen mit begrenzten Fruchtästen, und begrenzte Quirlzweige

ausschliesslich an den letzten Gliedern der Fruchtäste, meist dichotomisch. Tetrasporen tetraedrisch auf einfachen oder verzweigten sympodialen Stielen, welche einzeln oder zu zwei an den Axillen der Quirlzweige stehen Die gestielten Antheridiengruppen ebenfalls an den Axillen der Quirlzweige. Die Keimhäufchen sammt dem Trichophor an den zwei letzten Gliederzellen der Fruchtäste; die Hüllzweige auf den 2 oder 3 vorhergehenden Gliedern.

Die sporentragenden Aeste bestehen aus 1—2 sterilen unteren und aus 1 seltener 2 oder 3 oberen Gliedern, welche Quirlzweige erzeugen. Die Scheitelzelle ist verkürzt und zwischen den Quirlzweigen versteckt. Die letztern sind meist nur einmal oder 2mal gabelig-getheilt und einwärts gebogen; der Hauptstrahl besteht aus 3—4 Gliedern. Auf der innern Seite der Gliederzellen, 90° von dem Seitenstrahl oder der Dichotomieebene entfernt, stehen verzweigte Stiele, welche auf jedem Glied eine Tetraspore tragen. Die Entwicklungsgeschichte zeigt, dass die Sporenmutterzellen die Scheitelzellen von 2zelligen Strahlen sind, und dass sie durch sympodiale Verzweigung in eine seitliche und scheinbar sitzende Stellung geschoben werden.

Die antheridientragenden Zweige sind etwas einfacher gebaut als die sporentragenden; sie zeigen nur eine Gabelung und der primäre Strahl ist bloss 3zellig. An der Gabelung steht auf der innern Seite, einen rechten Winkel mit der Dichotomie bildend, ein kurzer Zweig mit quirlständigen verzweigten Seitenstrahlen, welche ganz mit Antheridien bedeckt sind. — Die Antheridienzweige bilden einen Quirl um die oberste Gliederzelle des begrenzten Astes; zwischen denselben ist die Scheitelzelle des letztern mehr oder weniger verborgen. — Abbildungen und Beschreibungen lassen glauben, die Quirlzweige, welche Tetrasporen und Antheridien tragen, seien an der letzten Zelle des Astes befestigt. Diess ist unrichtig; die Tragzelle ist immer die vorletzte (d. h. die letzte Gliederzelle) und die eigentliche Scheitelzelle wurde übersehen.

Die Keimhäufchen tragenden Aeste haben 1—3 nackte un-

tere Glieder; darauf folgen 2, seltener 3 mit Hüllzweigen besetzte verkürzte Glieder; dann 2 noch viel kürzere, von denen das untere das Trichophor und 3 eigenthümliche rundliche Zellen, das obere die Keimhäufchen trägt, und zuletzt die kurze Scheitelzelle. Die Hüllzweige sind ähnlich gebaut wie die antheridien- und die sporentragenden Zweige; zuweilen sind sie einfach, zuweilen wachsen sie auch in dichotomische Haare aus.

Griffithsia setacea (Ellis) Ag., G. sphaerica Schousb., G. pumila De Notaris, G. irregularis Ag. Wahrscheinlich gehört hieher auch G. opuntioides J. Ag. und vielleicht G. furcellata J. Ag.

Halidictyon Zanardini.

Thallomstrahlen unberindet, dichotomisch- oder trichotomisch-verzweigt, durch Anastomosen netzartig-vereinigt. Keimbehälter die Stelle eines Gabelastes einnehmend. Sporen? Antheridien?

H. mirabile Zanard., wegen seines netzförmigen Baues einigermaassen an Hydrodictyon erinnernd, hat doch die grösste Verwandtschaft mit Griffithsia und Ascocladium Die Enden der Fäden sind frei und wachsen wie die eben genannten Gattungen durch Quertheilung der Scheitelzellen. In der Regel bilden sich an dem obern Ende jedes Gliedes 1—3 Aeste. Die Vereinigung der Fäden zu einem Netz scheint, soviel sich aus der Untersuchung eines getrockneten Exemplars ermitteln lässt, auf zweierlei Art stattzufinden. Die Glieder treiben, wo sie in die Nähe eines andern Fadens kommen, kurze Auswüchse und setzen sich mit denselben fest. Merkwürdig ist dabei, dass zwischen der haftwurzelartigen Aussackung des einen Fadens und der Gliederzelle des andern sich ein Porus bildet, wie zwischen den Gliedern des gleichen Fadens. Eine andere häufiger und regelmässiger vorkommende Art der Vereinigung ist die, dass von den 2 oder 3 Astzellen, die sich seitlich an dem oberen Ende eines Gliedes bilden, eine (oder auch wohl 2), statt in einen Ast auszuwachsen, sich an einen anderen Faden und zwar gewöhnlich an ein Gelenk desselben ansetzt, und zwar

[redacted]

gerade so als ob sie von demselben entsprungen wäre. So sind die Knoten zweier Fäden durch eine cylindrische Zelle verbunden, welche etwas weniger als die Länge eines Gliedes hat, und von der man meistens nicht erkennt, ob sie von dem einen oder andern Knoten entsprungen ist. — Eine entfernte Analogie dieser Netzbildung kommt bei Ascocladium neapolitanum, wo die Fäden oft durch einzellige Stolonen oder Haftwurzeln verbunden sind, und bei Callithamnion (Pleonosporium) Borreri vor, wo der Ausläufer des einen Astes oft sich auf einen andern Ast festsetzt. — An den Enden einzelner Aeste sah ich je einen Quirl von einzelligen und gelappten oder häufiger zweizelligen Zweigen, welche an Griffithsia und Ascocladium erinnern und vielleicht abortirte Sporen- oder Antheridienquirle sein können. — Die Keimbehälter sind denen von Polysiphonia sehr ähnlich, mit einer einschichtigen Wandung und einer kugeligen Anhäufung von birnförmigen Keimzellen, die auf einem centralen Keimboden entspringen. Sie stehen terminal auf den Aesten und sind nicht von Hüllzweigen umgeben.

Ascocladium[31] (Mscr. 1843).

Zweierlei aufrechte unberindete Thallomstrahlen, verästelte Stämmchen, und einzellige fruchtbare und umhüllende Quirlzweige an einzelnen Stammgliedern. Tetrasporen tetraedrisch, zu mehreren am Grunde der einzelligen Quirlzweige, entweder an diesen selbst oder an besondern Zellen befestigt. Antheridien? Keimfrüchte?

A. Euascocladium.

Tetrasporen zum Theil zu mehreren am Grunde der Quirlzweige selbst befestigt, zum Theil innerhalb derselben befindlich.

---

(31) ἀσκὸς, Schlauch; wegen der einzelligen schlauchförmigen Zweige.

Im Sommer 1842 fand ich auf der Insel Ischia unter andern Florideen ein Pflänzchen, das ich damals Ascocladium neapolitanum nannte. Die Glieder der haarförmigen Stämmchen sind 4—6mal so lang als breit. Auf dem oberen Ende beinahe jedes Gliedes befindet sich ein Ast, zuweilen auch 2 und 3, die einzelnstehenden oft mit deutlicher Neigung zu einseitiger Anordnung. Tiefer am Gliede, meist nahe am Grunde, zuweilen über der Mitte, selten am obern Ende (da wo sonst ein Ast steht) entspringt häufig ein horizontal abgehender einzelliger Faden (Ausläufer), welcher bald frei endigt, bald sich mit seinem Ende irgendwo, nicht selten auf ein anderes Stämmchen festsetzt. Einzelne Glieder erzeugen 2 solcher Fäden, einen über der Mitte und einen am Grunde. Die Stelle eines derselben kann auch von einem sich aufrichtenden Adventivast eingenommen werden.

An einzelnen Aesten schwillt ein Glied, das noch von einigen dünnen und verlängerten Gliedern überragt wird, birnförmig an. Das obere angeschwollene Ende trägt etwa 20 einzellige schlauchförmige, einwärts gebogene Quirlzweige, welche höchstens $^1/_4$—$^1/_5$ M. M. und kaum $^1/_4$ so lang sind als das folgende Glied des Fruchtastes. An der Basis auf der innern Seite eines jeden dieser Schläuche sind 2—3 kugelige Sporenmutterzellen befestigt, welche sich tetraedrisch theilen. Innerhalb des Quirls befinden sich noch zahlreiche Sporenmutterzellen, deren Anheftung nicht weiter verfolgt wurde.

Sehr wahrscheinlich ist dieses Pflänzchen Griffithsia phyllamphora J. Ag. — Zu Ascocladium gehört ohne Zweifel auch eine Pflanze, die unter dem Namen Griffithsia devoniensis Harv. geht. Von derselben stand mir ausser sterilen Pflanzen nur ein schlecht conservirtes sporentragendes Exemplar von Cherbourg zu Gebote. Die Tetrasporenquirle sind ebenfalls von einzelligen schlauchförmigen etwas gebogenen Quirlzweigen umgeben. Die Anheftung der Tetrasporen war undeutlich. J. Ag. (Spec. Alg. II p. 80) beobachtete ein ähnliches Verhalten; während die Abbildung von Harvey (Tab. Phyc. XVI) so verschieden

ist, dass man das Bestehen verschiedener Pflanzen unter dem gleichen Namen vermuthen möchte.

B. Heterocladium[32].

Tetrasporen zu mehrern an besondern Tragzellen befestigt, welche einzeln aus dem Grunde der Quirlzweige entspringen, und welche aus ihrem Grunde eine gleiche Tragzelle erzeugen können.

Auf lateralen, meistens einseitigen eingliedrigen Aesten steht ein Quirl von 9—11 Zweigen. Von denselben ist der an der äussern (abgekehrten) Seite befindliche grösser, meist 2zellig, zuweilen einmal gabelig, zuweilen auch einzellig und immer steril. Die übrigen sind von ungleicher Länge, einzellig, schlauchförmig, einwärts gebogen. Jeder trägt am Grunde auf der innern Seite eine längliche Zelle; diese an der innern Seite ihrer Basis wieder eine gleiche und die letztere manchmal noch eine, so dass also an der Basis des schlauchförmigen Zweiges einwärts eine radiale Reihe von 2—3 Tragzellen befestigt ist, die unter sich am Grunde durch Poren verbunden sind. Jede der Tragzellen bildet an der Spitze eine Sporenmutterzelle und dann in absteigender Folge noch 6—10 Sporenmutterzellen. In der Mitte zwischen den Quirlzweigen ist die kleine niedergedrückte Scheitelzelle des Fruchtastes versteckt.

Von diesem Typus, welcher sich bei genauerer Kenntniss der beiden unter Ascocladium vereinigten Sectionen wohl als generisch erweisen dürfte, ist mir nur eine zu Griffithsia gestellte Art bekannt: H. Binderianum (Sonder). J. Agardh vergleicht dieselbe mit Bornetia secundiflora, von der sie aber durch die quirlständigen einzelligen sporentragenden Zweige und durch die Anheftung der Tetrasporen an besondern Tragzellen verschieden ist.

---

(32) Die Zweige des nämlichen Sporenquirls sind ungleich, einer steril, die übrigen fertil.

Heterosphondylium[33] (Mscr. 1843.)

Zweierlei aufrechte unberindete Thallomstrahlen, unbegrenzte verästelte Stämmchen, und begrenzte hinfällige Quirlzweige an den Gliedern aller Astenden, haarförmig mit am Grunde doldenförmigen, oberwärts gabeligen Verzweigungen Die sporentragenden Quirle an beliebigen Gliedern der Stämmchen und Aeste; ihre Zweige in mehrern Kreisen; die des äussern Kreises hüllzweigartig 2zellig mit verlängerter Scheitelzelle und kurzer Gliederzelle; die der innern Kreise einzellig und verkürzt; Tetrasporen tetraedrisch, auf den innern Zweigen terminal, und an denselben, sowie an den Basilargliedern der äussern Zweige in Mehrzahl lateral, theils sitzend, theils gestielt. Antheridien? Die Keimäste verkürzt einzeln an den Gliedern; das Basilarglied derselben einen Quirl von 2zelligen Hüllzweigen tragend, mit verkürzter Glieder- und verlängerter oft gelappter Scheitelzelle; die folgenden 1—2 Glieder mit 2 Trichophoren und den Keimhäufchen.

Die haarförmigen Quirlzweige, welche den obersten Gliedern nie mangeln, aber bald abfallen, sind merkwürdigerweise bis jetzt fast ganz übersehen worden. Sie sind 2 bis 3 mal doldenförmig und 1 bis 2 mal gabelig verzweigt.

Die sporentragenden Quirlzweige stehen in mehrern Kreisen oder vielmehr sie bedecken mit verschieden hoher Insertion eine Zone an dem obern Ende der Glieder. Senkrechte Durchschnitte durch die Sporenquirle zeigen bei H. Schousboei zuweilen 6 Zweige über einander, bei H. corallinum immer weniger. Sie bestehen alle aus einer Glieder- und einer Scheitelzelle; die Scheitelzelle der den untersten Kreis bildenden Zweige ist steril, verlängert, einwärts gebogen, hüllzweigartig; die Scheitelzellen aller übrigen werden zu Tetrasporen. An den Gliederzellen aller Zweige entstehen zahlreiche seitliche Zellen in absteigender

---

(33) ἕτερος, verschieden; σφόνδυλος, verticillus. Die vegetativen Quirle sind verschieden von den sporentragenden und Hüllquirlen.

Ordnung, von denen die meisten unmittelbar zu Tetrasporen werden. Andere theilen sich und verhalten sich im Wesentlichen wie die innern Sporenzweige selber, d. h. sie bilden eine Zelle, welche terminale und laterale Tetrasporen trägt.

Die Keimäste tragen auf dem ersten Glied einen Quirl von Hüllzweigen, dann folgen 1 oder 2 verkürzte Glieder, welche 2, ausnahmsweise 3 Trichophore und die Keimhäufchen, überdem eine eigenthümliche rundliche niedergedrückte Zelle (wie bei Griffithsia) tragen, zuletzt die ebenfalls verkürzte Scheitelzelle. — Von den Hüllzweigen der Keimäste und der Sporenquirle sagen die systematischen Beschreibungen irrthümlich ramulis articulo unico constantibus, indem die verkürzte Basilarzelle übersehen wurde. Das obere Glied ist bei den Hüllzweigen der Keimäste oft mit kammförmigen Lappen versehen.

Hieher gehören die bisher zu Griffithsia gestellten 2 Arten: H. corallinum (Light.) und H. Schousboei (Mont.).

Anotrichium [34] (Mscr. 1843).

Zweierlei aufrechte unberindete Thallomstrahlen, unbegrenzte Stämmchen und Aeste mit begrenzten keimfruchttragenden Aesten, und begrenzte abfallende haarförmige Quirlzweige mit tricho- und dichotomischer Verzweigung an den Gliedern aller Astenden. Tetrasporen tetraedrisch, einzeln auf den untersten Gliedern der Quirlzweige. Antheridien in gleicher Stellung wie die Tetrasporen. Die Keimäste verkürzt, einzeln stehend; das Basilarglied derselben einen Quirl von einzelligen Hüllzweigen tragend; das folgende Glied mit einem Trichophor und den Keimhäufchen.

A. Euanotrichium.

Tetrasporen einzeln an den untersten Gliedern der dichotomischen Quirlzweige; ebenso die Antheridien.

---

(34) ἄνω, oben; θρίξ, Haar; die Pflanze ist nur an den obern Theilen behaart.

Die haarförmigen Zweige sind vom Grunde an gabelig-getheilt, oder sie beginnen mit einer oder zwei Trichotomieen. Das Wachsthum ist camptopodial. — Die Tetrasporen befinden sich einzeln an der Spitze der Basilarglieder, zuweilen auch noch des zweiten Gliedes und nehmen die Stelle eines vegetativen Strahles ein. Es stehen also neben ihnen noch 1 oder 2 Seitenstrahlen. Die Entwicklungsgeschichte macht es wahrscheinlich, dass die Sporenmutterzellen die modifizirten Scheitelzellen sind, also terminal (nicht lateral) angelegt werden. — Die ovalen Antheridien haben ganz die gleiche Stellung wie die Tetrasporen.

Die Keimäste sind eigentlich das Ende längerer Aeste, welches durch die Ausbildung eines Tochterstrahls seitlich geschoben wird. Das erste Glied trägt einen Quirl von einzelligen einwärts gebogenen Hüllzweigen. Sehr frühe Stadien zeigen auf demselben ein verkürztes Glied, welches ein Trichophor, die kurze Scheitelzelle und noch ein Paar Zellen trägt, aus denen die Keimhäufchen hervorgehen

Die einzige bisher zu Griffithsia gestellte Art ist A. barbatum (Engl. Bot.).

B. Coryphosporium[35] (Mscr. 1843).

Tetrasporen auf einem einzelligen Stiel endständig.

Die haarförmigen sterilen Zweige stimmen in Bau und Wachsthum mit denen von Euanotrichium überein; unten sind sie bisweilen doldenförmig-verzweigt. Verschieden von denselben verhalten sich die fertilen Zweige. Die letztern sind in der Anlage 2zellig; die untere Zelle wird zum Stiel, der nach oben etwas verdickt ist, die obere zur Sporenmutterzelle. Es mangeln also neben den Tetrasporen die dichotomischen Seitenstrahlen. Diese tetrasporentragenden Zweige kommen gemischt mit den sterilen vor; in einem 12zähligen Quirl befinden sich

---

(35) κορυφή, Scheitel, Gipfel; wegen der terminalen Tetrasporen.

deren 1—7, zuweilen gleichmässig häufiger ungleichmässig über den Umfang vertheilt. — Antheridien wurden nicht beobachtet; ebenso keine Keimhäufchen.

Ich betrachtete, als ich die einzige mir bekannte Art (Griffithsia tenuis Ag.) im Jahr 1842 untersuchte, dieselbe als eigene Gattung und nannte sie Coryphosporium tenue. Wegen der habituellen Verwandtschaft dürfte sie richtiger ein Subgenus von Anotrichium bilden, insofern bei diesem die Tetrasporen, wie ich vermuthe, wirklich terminal angelegt werden. — Eine Eigenthümlichkeit von A. tenue (Ag.) ist noch die Verzweigung. Ausser den normalen Zweigen, welche die gleiche Stellung wie bei A. barbatum (einzeln am obern Ende eines Gliedes) zeigen, kommen in grosser Menge Adventiväste vor, welche aus dem untersten Theile der Glieder entspringen; an dem gleichen Orte sind horizontal abgehende einzellige Fäden (Stolonen oder Wurzelhaare?) befestigt. J. Agardh kennt nur diese adventive Verzweigung; ich habe an jeder Pflanze auch einzelne normale Verästelungen gefunden.

Halurus (Kütz. Phycol. 374).

Zweierlei aufrechte Thallomstrahlen, unbegrenzte lockerberindete Stämmchen und Aeste, und begrenzte nackte Quirlzweige auf allen Stammgliedern, welche sich in einer zum tragenden Ast tangentialen Ebene verzweigen. Tetrasporen tetraedrisch, auf der innern Seite der Quirlzweige theils sitzend theils auf verzweigten Stielen; letztere einzeln oder zu zwei neben einander an Gliedern, welche meist schon 1 oder 2 Seitenstrahlen tragen (nie die Stelle der letztern einnehmend); sporentragende Quirle am Grunde der Aeste. Antheridien in gleicher Lage wie die Tetrasporenstiele. Keimhäufchen am Ende von begrenzten Aesten (?), umhüllt.

Die unbegrenzten Stämmchen und Aeste bilden auf jedem Glied einen Quirl von 7—10 begrenzten Zweigen, hin und wieder auch einen Ast, welcher etwas höher als der Zweigquirl

inserirt ist und daher als axillär bezeichnet werden kann. Die Zweige sind meistens 1 mal trichotomisch und 2 mal dichotomisch getheilt; ihre Verzweigungsebene ist zum tragenden Aste tangential. Anfänglich sind sie gefiedert; das Basilarglied des primären Strahls trägt 2 opponirte, die folgenden 2—3 Glieder einzelne einseitige secundäre Strahlen und zwar (von aussen gesehen) auf der linken Seite. Aus dem Grunde des Basilargliedes jedes Zweiges entspringt je 1 Faden, welcher sich verzweigend nach unten wächst. Etwas später kommt auch aus dem Grunde der Stamm- und Astglieder je ein Quirl von solchen Fäden, die sich ganz gleich verhalten, wie die am Grunde der Zweige befestigten. Diese Fäden bedecken Stämmchen und Aeste mit einem filzartigen Geflechte; sie scheinen gewissermaassen die Mitte zwischen Berindungsfäden und Stolonen zu halten, doch gehören sie eher den letztern an, da sie nicht eigentlich verwachsen, sondern lose und frei liegen. Aus denselben entspringen Adventiväste, und zwar aus der Basis oder auch aus der Mitte der Glieder (1—3 aus einem Glied), während die Verzweigungen der Stolonen selbst am Apikalende angefügt sind. Die Adventiväste unterscheiden sich von den normalen Aesten bloss dadurch, dass ihre untersten 1—4 Glieder keine Quirle tragen, welche bei den letztern vom Basilargliede an beginnen. Dagegen können diese nackten Glieder oben Aeste und besonders unten Stolonen erzeugen.

Die Tetrasporen befinden sich an den untersten 4—8 Zweigquirlen der Aeste, an der dem tragenden Aste zugekehrten Seite der untern und mittlern Glieder jedes Zweiges, sitzend oder auf verzweigten Stielen. Die letztern, die ihrer Stellung nach als Adventivzweige zu bezeichnen wären, verhalten sich rücksichtlich der Verästelung wie die Zweige selbst; sie sind einseitig-gefiedert, wobei das Basilarglied zuweilen 2 opponirte Seitenstrahlen trägt. Meist verwandeln sich schon die secundären Strahlen dieser Adventivzweige in sitzende Tetrasporen. Ein Glied der Quirlzweige, das unverzweigt sein kann oder 1—2 normale Seitenstrahlen trägt, erzeugt in einem Abstand von 90°

von den letztern 1 sitzende Tetraspore oder eine solche und einen sporentragenden Adventivzweig oder 2 sporentragende Adventivzweige, welche in gleicher Höhe sich befinden und die einseitigen secundären Strahlen einander zukehren. Die Tetrasporen nehmen also nicht die Stellung einer normalen Verzweigung ein, sondern sie sind metamorphosirte primäre, secundäre oder tertiäre Strahlen von Adventivzweigen. — Die Beschreibung, welche J. Agardh und auch andere Algologen von der Stellung der Tetrasporen geben „Sphaerosporae in ramulo ramellis denudato intra involucrum terminale evolutae", ist sehr ungenau. Ich finde immer ganz gewöhnliche Aeste, welche an ihren untersten Quirlen (selbst bis zum 9.) Tetrasporen tragen und nachher weiterwachsend bloss sterile Quirle hervorbringen; ich finde auch häufig am Grunde von langen Aesten Quirlzweige mit den beschriebenen Adventivzweigen, an denen man deutlich die Narben der abgefallenen Tetrasporen erkennt. Die fertilen Quirlzweige unterscheiden sich von den sterilen bloss dadurch, dass sie etwas kürzer, etwas schmächtiger und etwas einwärts gebogen sind. Der Ausdruck ramulo ramellis denudato scheint übrigens darauf zu deuten, dass die Sporenbildung an Adventivästen beobachtet wurde, denn nur diese sind am Grunde nackt. An meinem Exemplar waren die normalen (am Grunde mit Quirlzweigen bedeckten), nicht die adventiven Aeste sporentragend.

Die Antheridien, welche denen von Griffithsia etc. ähnlich sind, stehen an den untern Gliedern der Quirlzweige, auf der dem tragenden Ast zugekehrten Seite. Die Antheridienäste scheinen im übrigen Verhalten den sporenerzeugenden gleich zu sein.

Von den Florideen auszuschliessen und neben Chantransia zu stellen, ist folgende Gattung:

Acrochaetium[36] (Mscr. 1844)

Gegliederte und verzweigte, gewöhnlich in abfallende haarförmige Scheitelzellen endigende Fäden, welche meist von einer mehrzelligen einschichtigen der Unterlage krustenförmig aufsitzenden Scheibe entspringen. Sporenmutterzellen auf kurzen Zweigen terminal und an den Gliedern lateral sitzend, viele kleine Schwärmsporen entleerend.

Die Entwicklung der Pflanze beginnt mit der Bildung der Scheibe. In der Sporenzelle, welche sich auf einem Gegenstand festsetzt, beginnen wiederholte Theilungen durch Wände, welche auf der Oberfläche der Unterlage senkrecht stehen. Gewöhnlich treten zuerst nach einander 3 excentrische Wände auf, welche die Sporenzelle in eine dreieckige mittlere und 3 umgebende Zellen theilen (Fig. 21). Seltener sind es 4 successive Wände, welche eine viereckige von 4 Zellen umschlossene Mittelzelle bilden. Die letztere theilt sich nicht mehr. Die äussern Zellen dagegen sind theilungsfähig; und alles folgende Wachsthum ist peripherisch; d. h. es sind immer nur die den Rand berührenden Zellen, welche sich theilen. Die innern Zellen sind rücksichtlich des Flächenwachsthums Dauerzellen. Aus einzelnen oder vielen dieser innern Zellen entspringen die senkrechten Fäden, je einer aus einer Zelle (Fig. 21, 23). Die Pflanze verhält sich anatomisch somit ähnlich wie Myrionema, nur ist die Entwicklung der aufrechten Fäden im Verhältniss zur Scheibe bei Acrochaetium viel beträchtlicher. Die Scheibe ist meistens rundlich; bei den grössern Arten erreicht sie einen Durchmesser von $^1/_3$ M. M., ist am Umfange etwas gelappt, besteht aus radienförmigen nach aussen sich wiederholt theilenden Zellenreihen, und trägt einen buschigen Rasen von Pflänzchen (Fig. 26 zeigt einen Theil der Scheibe von der Fläche, Fig. 27 dieselbe im Querschnitt). Wenn die Scheibe nur aus einer 3- oder 4eckigen Mittelzelle und einigen umschliessenden Zellen besteht,

---

(36) ἄκρος, extremus, summus; χαίτη, Haar.

so erzeugt in der Regel nur die Mittelzelle einen aufrechten Faden (Fig. 21). Wenn die Sporenzelle sich aber bloss in 2—4 Zellen getheilt hat, ohne zur Bildung einer Mittelzelle zu gelangen, so sind es jene Zellen ohne Unterschied, aus denen die Stämmchen entspringen. Selten kommt es auch vor, dass die Sporenzelle sich gar nicht theilt, also eine einzellige Scheibe darstellt, und dass sie 1—3 aufrechte Fäden trägt (Fig. 22). Die Stämmchen sind bald mit verschmälerter, bald mit gleich breiter Basis auf der Scheibe befestigt. — Bei einer Art (A. microscopicum) ist das Verhalten der Scheibe noch zweifelhaft.

Die Pflanze hat die Neigung zu einseitswendiger ebensträussiger Verzweigung. Der Mutterstrahl trägt einseitige Tochterstrahlen, welche fast in gleicher Höhe endigen und wenn der Mutterstrahl selbst ein Ast ist, auf dessen innerer Seite (dem Hauptstrahl zugekehrt) stehen. Dadurch entsteht eine flächenförmige Verzweigung von umgekehrt dreieckiger Gestalt; die beiden Seiten des Dreiecks werden von dem Mutterstrahl und dem Hauptstrahl, die Basis von den Enden der Aeste und Zweige gebildet. Diese Neigung zu einseitswendiger Verzweigung macht sich zuweilen schon von Anfang an (an dem Stämmchen oder primären Strahl) geltend, so dass das ganze Pflänzchen eine verkehrt dreieckige Gestalt zeigt (A. microscopicum, Fig. 25). Häufig stehen an dem Stämmchen die Aeste nach allen Seiten, und die dreieckigen ebensträussigen Verzweigungssysteme treten erst seitlich an dem Stämmchen und den Aesten auf.

Die Scheitelzelle der ausgewachsenen Strahlen wird gewöhnlich zu einem abfallenden Haare; sie verlängert und verschmälert sich und wird pfriemförmig; ihr Inhalt ist farblos und wasserhell; sie löst sich bald ab. Wie es scheint, endigen alle Strahlen entweder in eine solche haarförmige Scheitelzelle oder in eine Sporenmutterzelle. Wenigstens ist diess sicher für die kleinern Arten, wo sich die Entwicklung leicht verfolgen und übersehen lässt. Bei den grössern Arten dagegen trifft man oft junge Pflanzen, die noch keine Haare besitzen und an äl-

tern Pflanzen haben die einen Strahlen schon ihre haarförmigen Spitzen verloren, andere sie noch nicht gebildet. Man sieht die Haare daher nur hie und da. An getrockneten Exemplaren sind sie grösstentheils abgefallen.

Der Zelleninhalt ist rothes Protoplasma, welches grösstentheils einem weisslichen, etwas über der Mitte des Zellenlumens befindlichen freiliegenden Kern anliegt, auch in strahlenförmige Fäden um denselben angeordnet ist, und zuweilen die Zellhöhlung in ihrer obern Hälfte oder überall erfüllt. Auch die Sporenmutterzellen besitzen anfänglich diesen Inhalt.

Die Stellung der Sporenmutterzellen ist bei allen Arten die nämliche. Sie sind entweder seitlich an den Gliederzellen der Aeste und Zweige sitzend (meist je eine an einem Glied, Astzellen), oder die veränderten Scheitelzellen von kurzen Zweigen und somit gestielt mit 1—4 gliedrigem Stiel. Häufig bilden diese Zweige traubenförmige Anhäufungen von Sporenmutterzellen, mit vorherrschend einseitswendiger Verzweigung, indem die kurzen Strahlen in eine Mutterzelle endigen und seitliche Mutterzellen tragen. Zuweilen findet man 3 Sporenmutterzellen auf einem eingliedrigen Zweig; davon ist immer die eine terminal. Sehr oft kommen 2 vor, eine terminal und eine lateral. Es ist noch zu bemerken, dass zuweilen auch ein eingliedriger Zweig nur eine oder zwei seitliche Mutterzellen trägt, dann ist die haarförmige Scheitelzelle abgefallen; ferner dass nicht selten eine ursprünglich endständige Mutterzelle durch die Entwicklung eines Seitenzweiges in eine scheinbar seitliche Lage gebracht wird.

Acrochaetium hat nur äusserliche Aehnlichkeit mit den Callithamnieen. Der Fortpflanzung nach gehört es neben Chantransia. Harvey bildet zwar Callithamnion Daviesii und C. virgatulum mit tetraedrisch-getheilten Tetrasporen ab. Es ist mir nicht gelungen, an zahlreichen Exemplaren von verschiedenen Standorten etwas der Art zu sehen. Wenn die Beobachtung von Harvey richtig ist, so gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder gehören die beiden von ihm abgebildeten Pflanzen zu den

Callithamnieen (Rhodochorton), was desswegen merkwürdig wäre, weil sie sonst die grösste habituelle Aehnlichkeit mit Acrochaetium haben. Oder Acrochaetium hat zweierlei Fortpflanzungsorgane und Harvey hat die selten vorkommenden Tetrasporen abgebildet, während die Mutterzellen mit den Schwärmzellen vielleicht als Antheridien zu betrachten wären. Diess scheint desswegen unglaublich, weil solche Antheridien sonst bei keinen andern Florideen vorkommen.

Zu Acrochaetium gehören folgende Formen: A. Daviesii (Dillw.), A. lanuginosum (Dillw.), A. Pubes (Ag.), A. Griffithsianum, A. caespitosum J. Ag., A. roseolum (Crouan), A. mirabile (Suhr), A. secundatum (Lyngb.), A. Lenormandi (Suhr), A. spinulosum (Suhr), A. Savianum (Menegh.), A.? pallens (Zanard.), A.? Posidoniae (Zanard.), A.? byssaceum (Kg.), A. efflorescens (J. Ag.), A. luxurians (J. Ag.), A.? sparsum (Harv.), A.? minutissimum (Suhr), A.? pygmaeum (Kg.), A. pulvereum, A. microscopicum (Näg.). — Bei A. mirabile sind die Sporenmutterzellen achselständig oder seitlich, gehäuft auf kurzen Stielen, wie bei A. roseolum und z. Th. wie bei A. secundatum. — A. Savianum gehört nach einem Originalexemplar von Meneghini hieher. Die endständigen Capseln sind Mutterzellen, welche viele kleine Zellen einschliessen; Kützing hat unrichtig mit „cystocarpiis terminalibus" übersetzt. — Callithamnion spinulosum Suhr wird von J. Agardh neben C. Rothii gestellt und mit demselben verglichen. Originalexemplare von Suhr gehören zu Acrochaetium. Viele Zweige endigen in haarförmige Scheitelzellen oder tragen seitliche Haare; Tetrasporen mangeln; die Sporenmutterzellen sind klein, mit wenig-gefärbtem körnigem Inhalte, einzelne entleert, manche abgefallen.

Was die Unterscheidung der Arten betrifft, so gestehe ich, abgesehen von dem Vorhandensein oder Mangel einer mehrzelligen Scheibe, kein constantes Merkmal zu kennen. J. Agardh sagt von A. Daviesii „Sphaerosporae in articulo ramuli infimo infra geniculum laterales" und von A. secundatum „Sphaerospora in pedicello terminalis subsolitaria". Ich finde bei A. Da-

viesii und A. secundatum sowohl Sporenmutterzellen, die auf kurzen Stielen endständig sind, als solche die an diesen Stielen, sowie auch an vegetativen Zweigen seitlich sitzen.

A. Griffithsianum (Mscr. 1854). Pflanze 2—3½ M. M. hoch. Fäden doppelt so dick als bei A. secundatum, ziemlich stark verzweigt. Glieder 3—4 mal so lang als breit (Dm. 14—17 Mik.). Aeste nach allen Seiten abgehend, der Länge nach (meist auf allen Gliedern) mit kleinen fruchttragenden Zweigen besetzt. Zweige am Grunde des Astes meist einseitig (auf der innern Seite), weiterhin allseitswendig, oft alternirend, oft zu zwei gegenüber, zuweilen in eine haarförmige Scheitelzelle endigend Sporenmutterzellen an den Aesten häufiger gestielt, an den Zweigen häufiger sitzend. — England (Torquay) auf Ceramium rubrum, von Mrs. Griffiths als „C. virgatulum an Daviesii" mitgetheilt Die Pflanze ist C. virgatulum Harvey Phyc. brit. Pl. CCCXIII sehr ähnlich; aber diese Abbildung zeigt tetraedrisch-getheilte Tetrasporen, ferner sagen Beschreibung und Abbildung nichts von den haarförmigen Spitzen der Zweige. Ich habe Conferva Daviesii Dillw. als Acrochaetium aufgeführt trotz der Abbildung von Harvey, welche dieser Pflanze Tetrasporen gibt. Dagegen wagte ich nicht, Callithamnion virgatulum, entgegen der abweichenden Darstellung des Autors selbst, als Acrochaetium in Anspruch zu nehmen.

A. pulvereum (Mscr. 1854). Pflanze bis ⅓ und ½ M. M. hoch, auf mehrzelligen ziemlich kreisrunden, bis 80 Mik. grossen (selten 1 zelligen) Scheiben entspringend. Stämmchen hin und wieder verzweigt, Aeste nach verschiedenen Seiten hin abgehend. Glieder 2—3½ mal so lang als breit (Dm. 7—9 Mik., Länge 16—32 Mik.). Stämmchen und Aeste bald fast nackt, bald dicht mit seitlichen, kurzen, fruchttragenden, gewöhnlich einseitswendigen Zweigen und zum Theil auch mit Sporenmutterzellen besetzt. Die letztern an den 1—3 gliedrigen Zweigstrahlen terminal und lateral. — Torquay auf Porphyra vulgaris, auf welcher das Pflänzchen wie ein rother staubiger Anflug erscheint. — Die Strahlen endigen alle (wenn nicht in eine Spo-

renmutterzelle) in eine dünne, farblose, borstenförmige Zelle (Länge 90—180 Mik.; Dm. ungefähr 4,5 Mik., am Grunde 7 Mik.). Die Gliederzelle unter einer Haarzelle hat die Neigung, einen Ast zu bilden, welcher, nachdem das Haar abgefallen ist, zuweilen als die Fortsetzung des Mutterstrahls erscheint und der Pflanze gewissermassen ein sympodiales Aussehen gibt. — Diese Form ist so berechtigt als irgend eine andere der mit einer mehrzelligen Scheibe begabten Formen dieser Gattung einen Speciesnamen zu tragen. Aber ich fürchte, dass am Ende alle nur Varietäten einer einzigen Art sein könnten. Wenigstens finde ich nirgends constante Unterschiede.

A. microscopicum (Näg. in Kg. Spec. 640). Das Pflänzchen wird bis $^1/_4$ und $^1/_3$ M. M. hoch. Es ist mit einer sehr kleinen Haftscheibe befestigt, die von oben ringförmig erscheint, deren Durchmesser nicht grösser ist, als derjenige des untersten Stammgliedes, und von welcher es (nach Untersuchung an getrockneten Exemplaren) zweifelhaft bleibt, ob es eine niedergedrückte scheibenförmige Zelle oder nur Verdickung der Membran ist (Fig. 24, 25). Ein mehrzelliger Discus wie bei den übrigen Arten ist nicht vorhanden. An dem Stämmchen gehen die Aeste zuweilen nach verschiedenen Seiten ab, meistens jedoch sind sie einseitswendig. An den secundären und tertiären Strahlen befinden sich die Aeste regelmässig auf der innern Seite, so dass das ganze Pflänzchen eine dreieckige Gestalt zeigt. Die Verzweigungen bilden einen ziemlich spitzen Winkel. Die Gliederzellen sind etwas bauchig, unten schmäler als oben; meist 9 Mik. lang, und 7—8 Mik. breit. Jeder Strahl geht in eine dünne, lange, farblose, abfallende Zelle aus, deren Länge bis 350 Mik. betragen kann. Das Stämmchen (der primäre Strahl) trägt die haarförmige Scheitelzelle zuweilen schon auf dem zweiten oder dritten Glied; die Pflänzchen sind dann winzig klein. An den Aesten krönt das Haar häufig schon das erste oder zweite Glied. — Die Sporenmutterzellen stehen auf einzelligen Stielen oder sind seltener seitlich sitzend.

Erklärung der Tafel.

1 (200). Niederliegende und aufrechte Fäden von Rhodochorton Rothii.

2 (200). Ein Stück eines aufrechten Fadens mit einem Tetrasporen tragenden Zweig von Rhodochorton floridulum; a ungetheilte, b einmal getheilte Sporenmutterzellen.

3 (250). Das Ende eines aufrechten Fadens mit Tetrasporen von Rhodochorton Rothii; a) ungetheilte, b) einmal getheilte Sporenmutterzellen.

4 (100). Dichotomie mit den ersten Entwicklungsstadien der Keimfrucht von Poecilothamnion versicolor. ab Hauptstrahl; c Seitenstrahl; d Trichophor (gegenüber von c); e Zelle, aus welcher ein Keimhäufchen entsteht; f vegetativer Strahl, welcher auf der abgekehrten, e gegenüberliegenden Seite angeheftet ist, und welcher abnormaler Weise sich aus der Zelle entwickelt hat, welche ein Keimhäufchen hätte bilden sollen.

5 (150). Ein Trichophor der nämlichen Pflanze, von der Fläche gesehen; das Haar ist abgefallen und die haartragende Zelle inhaltslos.

6 (250). Dichotomie mit einer gestielten Dispore von Poecilothamnion (Miscosporium) stipitatum.

7 (150). Zweig mit jungen Sporenmutterzellen von Poecilothamnion (Maschalosporium) gallicum; betreffend die Stellung der Sporenmutterzellen vgl. die Gattungsbeschreibung.

8 (100). Ende eines Astes von Dorythamnion tetragonum, mit sympodialer Verzweigung. ab primärer, cd secundärer, ef tertiärer, g quartärer, h quintärer Strahl.

9 (60). Zweig von Callithamnion (Dasythamnion) tetricum mit Antheridienanhäufungen am primären (a) und an den secundären Strahlen (b, c, d).

10 (300). Querschnitt durch eine Antheridienanhäufung von Fig. 9. a die Gliederzelle des Zweiges trägt 3 Antheri-

dien, deren Basilarglieder mit † bezeichnet sind; b die Rinne auf der äussern Seite.

11 (300). Ein mit jungen Antheridien besetzter Zweig der gleichen Pflanze, A von der Seite, B von innen; die nämlichen Zellen und Zellencomplexe sind in den beiden Figuren mit den gleichen Buchstaben bezeichnet. a Scheitelzelle, b oberste Gliederzelle; die zweitoberste Gliederzelle trägt nur eine Zelle (c), aus welcher das erste Antheridium hervorgeht. d das erste noch unentwickelte Antheridium des dritten Gliedes; e, f die beiden andern Antheridienanlagen desselben. g das erste, h und i die beiden folgenden Antheridien des vierten Gliedes.

12 (180). Ende eines Astes von Callithamnion (Dasythamnion) tetricum mit der Anlage für eine Keimfrucht. a, b, c, h alternirende Seitenstrahlen. d Trichophor (gegenüber von c). e Zelle, aus welcher das eine Keimhäufchen entsteht; die andere (f) liegt auf der abgekehrten Seite und ist in dieser Lage nicht sichtbar. g Centralzelle, an welcher die übrigen (c, d, e, f) befestigt sind. — B der Zellengürtel, welcher die Centralzelle (g) umgibt, von aussen gesehen und in eine Ebene gelegt; die Ansicht wurde durch Rollen gewonnen; c die Zelle, aus welcher der Seitenstrahl entsteht; e, f die Anlagen für die beiden Keimhäufchen, zwischen denselben das Trichophor.

13 (200). Dichotomisch getheilter Zweig von Poecilothamnion (Miscosporium) seirospermum; die Glieder desselben zeigen die begonnene Umwandlung in Seirogonidien; a eine abortirte Scheitelzelle; b, c zwei Adventivzweige, aus metamorphosirten Sporenmutterzellen hervorgegangen.

14–16 (100). Zweige von Herpothamnion Turneri mit Tetrasporen; diese sind ursprünglich gestielt und kommen durch sympodiales Wachsthum in eine seitliche Lage. ab primärer, cd secundärer, e tertiärer Strahl; der letztere ist in Fig. 14 erst ein Auswuchs der Zelle c, in Fig. 15 eine einfache Zelle; die beiden Tetrasporen b und d sind in Fig. 16 abgefallen.

17 (280). Polyspore von Callithamnion (Pleonosporium) Borreri, durch Salzsäure etwas aufgelockert, mit 24 Sporen.

18 (400). Anlage für eine Keimfrucht von Herpothamnion Turneri. A von innen, B von der Seite. a Tragglied. b Centralzelle der Keimfruchtanlage; sie scheint in A durch das Trichophor durch, und ist unten und oben vermittelst eines Porus mit a und g verbunden. c abortirter Seitenstrahl. d Trichophor (getrennt von c). e und f die beiden Zellen, aus denen die Keimboden entstehen; e ist in A von dem Trichophor bedeckt und scheint links von der Centralzelle durch. g Scheitelzelle.

19 (300). Eine etwas weiter entwickelte Keimfruchtanlage der nämlichen Pflanze. a Tragglied. b Centralzelle. c abortirter Seitenstrahl. dd Trichophor. g Scheitelzelle. Auf der Centralzelle b zwischen dem Trichophor und den Zellen c und g liegt ein Complex von Zellen, welcher aus der Zelle e in Fig. 18 entstanden ist und später sich zum Keimboden ausbildet.

20 (80). Ende eines Zweiges von Monospora pedicellata; die Verzweigung ist sympodial. ab primärer, cd secundärer, ef tertiärer, g quartärer Strahl. h gestielte Haplospore an a befestigt.

21—23 (250). Scheiben mit aufrechten Fäden von Acrochaetium pulvereum, von oben. In Fig. 21 ist die Scheibe 4zellig mit einem aufrechten Faden aus der Mittelzelle, in 22 einzellig mit 3 aufrechten Fäden, in Fig. 23 vielzellig mit 7 aufrechten Fäden aus der Mitte.

24 (350). Die Basis eines Pflänzchens von Acrochaetium microscopium; die Scheibe ist niedergedrückt.

25 (250) Junges Pflänzchen derselben Art; die Scheibe erscheint ringförmig.

26 (250). Ein Theil der Scheibe von Acrochaetium Daviesii, von der Fläche; a nahe dem Centrum, b Rand.

27 (250). Die Scheibe der gleichen Pflanze im Querschnitt mit einigen aufrechten Fäden.

28 (300). Zweig von Herpothamnion hermaphro-

ditum mit der Anlage für eine Keimfrucht und einem noch nicht ganz ausgebildeten Antheridium. a, b die beiden untersten Glieder dieses Zweiges; c Tragglied; e abortirter Seitenstrahl; f Trichophor; g Zelle, aus welcher der eine Keimboden sich bilden wird und unter welcher die Centralzelle sichtbar ist; i Scheitelzelle.

29 (300). Ein ausgebildetes Keimköpfchen der gleichen Pflanze. a Basilarglied mit 2 Hüllzweigen; c Tragglied; d Centralzelle; f Trichophor, bestehend aus 3 Zellen und dem terminalen Haar, zugekehrt; g, h die beiden Keimböden, bedeckt mit Keimzellen.

30 (350). Stück eines Zweiges von Dorythamnion tetragonum mit 2 Antheridien.

Register der aufgezählten Arten.

caespitosum J. Ag. (Callithamnion, ***Acrochaetium***).
capillaris Huds. (Fucus, ***Gloiosiphonia*** Carm.)
clavata Schousb. (Callithamnion, Corynospora J. Ag., ***Monospora***).
coccinea Poir. (Ulva, ***Dudresnaya*** Bonnem.)
constrictum Hering (Callithamnion, ***Callithamnion Pleonosporium***).
Corallina Ruprecht (Callithamnion, ***Antithamnion***).
corallinum Lightf. (Conferva, Griffithsia Ag., ***Heterosphondylium***).
corymbiferum Kg. (Phlebothamnion, ***Poecilothamnion A***).
corymbosum Sm. (Conferva, Callithamnion Lyngb., ***Poecilothamnion A***).
crispum Ducluz. (Ceramium, ***Pterothamnion***).
cristatus Kg. (Sporacanthus, s. bei ***Pterothamnion***).
Crouani Kg. (Callithamnion, ***Herpothamnion Anisarithmium***).
Crouani Näg. (Bisporium, ***Crouania Bisporium***).
cruciatum Ag. (Callithamnion, ***Antithamnion***)
Daviesii Dillw. (Conferva, Callithamnion Ag., ***Acrochaetium***).
Daviesii Harv. (Callithamnion, s. bei ***Rhodochorton***).
decompositum Gratel. (Mertensia, Callithamn. J. Ag., ***Callithamn. A***).
devoniense Harv. (Griffithsia, ***Ascocladium A***).
Dudresnayi Bonn. (Ceram., Callith. Crouan, ***Poeciloth. Maschalospor.***)
efflorescens J. Ag. (Callithamnion, ***Acrochaetium***).
elegans Schousb. (Callithamnion, ***Herpothamnion A***).
equisetifolius Lightf. (Conferva, Griffithsia Ag., ***Halurus Kg.***)
fasciculatum Harv. (Callithamnion, ***Callithamnion A***).
flaccidum Hook. fil et Harv. (Callithamnion, ***Herpothamnion A***).
flaccidum Kg. (Seirospora, ***Poecilothamnion Miscosporium***).
floccosum Müll. (Conferva, Callithamnion Ag., ***Pterothamn. Haploclad.***)
floridulum Dillw. (Conferva, Callithamnion Ag., ***Rhodochorton***)
fruticulosum J. Ag. (Callithamnion, ***Poecilothamnion A***).
Furcellariae J. Ag. (Callithamnion, ***Callithamnion A***).
furcellata J. Ag. (***Griffithsia***).
Gailloni Crouan (Ceram., Callithamn J. Ag., ***Poecilothamn. Maschalosp.***)
gallicum Näg. (***Poecilothamnion Maschalosporium***).
Gaudichaudii Ag. (Callithamnion, ***Callithamnion A***).
Giraudii Kg. (Phlebothamnion, ***Poecilothamnion Maschalosporium***)
gracillimum Harv. (Callithamnion, ***Callithamnion Compsothamnion***).
grande J. Ag. (Callithamnion, ***Poecilothamnion A***).
granulatum Ducl. (Ceramium, Callithamnion Ag., ***Poecilothamnion A***).
Grevillii Harv. (Callithamnion, ***Callithamnion A***).
Griffithsiana Harv. (Seirospora) = ***Poeciloth. Miscospor. seirosperm.***
Griffithsianum Näg. (***Acrochaetium***).
guttatum Bonnem. (Ceramium, Callithamnion J. Ag., ***Dorythamnion***).
hermaphroditum Näg. (***Herpothamnion A***).

hirtellum Zanard. (Callithamnion, *Callithamnion A*).
hirtum Hook. fil. et Harv. (Callithamnion, *Callithamn. Dasythamnion*).
Hookeri Dillw. (Conferva, Callithamnion Harv., *Callithamnion A*).
humile Kg. (Seirospora, *Poecilothamnion Miscosporium*).
hypnoides Crouan (*Atractophora*).
imbricatum Schousb. (Callithamnion, *Antithamnion*).
implicatum Suhr (Callithamnion, *Callithamnion A*).
interruptum Sm. (Conferva, Callithamn. Ag., *Poecilothamn. Miscospor.*)
intricatum Ag. (Ceramium, Callithamn. Ag., *Herpothamn. Meristospor.*)
irregulare J. Ag. (Callithamnion, *Herpothamnion A.*)
irregularis Ag. (*Griffithsia*).
Lamourouxii Duby (Ceramium, Callithamnion J. Ag., *Herpothamn. A*).
lanuginosum Dillw. (Conferva, Callithamnion Lyngb., *Acrochaetium*).
lapponicum Ruprecht (Callithamnion, *Pterothamnion*).
latissimum Hook. fil. et Harv. (Callithamnion, *Callith. Compsothamn.*)
Lenormandi Suhr (Callithamnion, *Acrochaetium*).
leptocladum Mont. (Callithamnion, *Herpothamnion A*).
luxurians J. Ag. (Callithamnion, *Acrochaetium*).
macropterum Menegh. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
mediterranea Bornet (*Lejolisia*).
mesocarpon Carm. (Callithamnion, *Herpothamnion A*).
microscopicum Näg. (Callithamnion, *Acrochaetium*).
micropterum Mont. (Callithamnion, *Herpothamnion A*).
minimum Derb. et Sol. (Wrangelia, *Herpothamnion A*).
minutissimum Suhr (Callithamnion, *Acrochaetium*).
mirabile Zanard. (*Halidictyon*).
mirabile Suhr (Trentepohlia, Callithamnion Kg., *Acrochaetium*).
Montagnei Hook. f. (Callithamnion, *Poecilothamnion A*).
mucronatum J. Ag. (Callithamnion, *Antithamnion*).
multifidum Huds. (Conferva, Wrangelia J. Ag., *Sphondylothamnion*).
neapolitanum Näg. (*Ascocladium*).
opuntioides J. Ag. (*Griffithsia*).
Orbignyanum Mont. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
pallens Zanard. (Callithamnion, *Acrochaetium*).
pectinatum Mont. (Callithamnion, *Herpothamnion A*).
pedicellata Sm. (Conf., Callith. Ag., Corynosp. J. Ag., *Monospora* Sol.)
pedunculatum Kg. (Callithamnion, *Herpothamnion A*).
penicillata Ag. (Griffithsia, *Wrangelia* Ag.)
phyllamphorum J. Ag. (Griffithsia, *Ascocladium A*).
pinnata Crouan (Corynospora, s. bei *Monospora*).
Pluma Dillw. (Conferva, Callithamnion Ag., *Herpothamnion A*).
Plumula Ellis (Conferva, Callithamnion Ag., *Pterothamnion*).

polyacanthum Kg. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
polyspermum Bonnem. (Lamourouxia, Callithamnion Ag. *Callithamn. A*).
Posidoniae Zanard. (Callithamnion, *Acrochaetium*).
Ptilota Hook. fil. et Harv. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
Pubes Ag. (Callithamnion, *Acrochaetium*).
pulcherrimum Crouan (Callithamnion, *Callithamnion A*)
pulvereum Näg. (*Acrochaetium*).
pumila De Notaris (*Griffithsia*).
pumilum Harv. (Callithamnion, *Antithamnion*).
purpurifera J. Ag. (*Dudresnaya*).
pusillum Ruprecht (Callithamnion, *Pterothamnion*)
pygmaeum Kg. (Callithamnion, *Acrochaetium*).
Pylaisaei Mont. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
refractum Kg. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
repens Dillw. (Conferva, Callithamnion Lgb., *Herpothamnion A*).
rigescens Zanard. (Callithamnion, *Poecilothamnion A*).
roseolum Ag. (Callithamnion, *Herpothamnion A*).
roseolum Crouan (Ceramium, *Acrochaetium*).
roseum Roth (Conferva, Callithamnion Harv., *Callithamnion A*).
Rothii Turt. (Conferva, Callithamnion Lyngb., *Rhodochorton*).
Savianum Menegh. (Callithamnion, *Acrochaetium*).
Schousboei Mont. (Griffithsia, *Heterosphondylium*).
scoparium Hook. fil. et Harv. (Callithamnion, *Call. Dasythamnion*).
scopulorum Ag. (Callithamnion, *Callithamnion A*.)
secundatum Lyngb. (Callithamnion Daviesii Var., *Acrochaetium*).
secundiflora J. Ag. (Griffithsia, *Bornetia* Thuret).
seirospermum Griff. (Callithamnion, *Poecilothamnion Miscosporium*).
semipennatum J. Ag. (Callithamnion, *Herpothamnion Anisarithmium*.)
setacea Ellis (Conferva, *Griffithsia* Ag.)
simile Hook. fil. et Harv. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
sparsum Harv. (Callithamnion, *Acrochaetium*)
sparsum Crouan (Callithamnion, *Rhodochorton*).
sphaerica Schousb. (*Griffithsia*).
sphaericum Crouan (Callithamnion, *Herpothamnion Meristosporium*).
spinosum Harv. (Callithamnion, *Callithamnion A*).
spinosum Crouan (Callithamnion, *Poecilothamnion A*).
spinulosum Suhr (Callithamnion, *Acrochaetium*)
spongiosum Harv. (Callithamnion, *Poecilothamnion* A).
stipitatum Näg. (*Poecilothamnion Miscosporium*).
strictum Ag. (Callithamnion, *Herpothamnion Anisarithmium*).
stupposum Suhr (Callithamnion, *Callithamnion A*).
subnudum Ruprecht (Callithamnion, *Pterothamnion*).

tenue Ag. (Griffithsia, *Anotrichium Coryphosporium*).
tenuissimum Bonnem. (Ceramium, Callithamnion Kg. *Callithamn. A*).
tenuifolium Hook. fil. et Harv. (Callithamnion, *Pterothamnion*).
tetragonum With. (Conferva, Callithamnion Ag., *Dorythamnion*).
tetrasticha Näg. (*Crouania*).
tetricum Dillw. (Conferva, Callithamnion Ag., *Call. Dasythamnion*).
thuyoides Sm. (Conferva, Callithamnion Ag., *Call. Compsothamnion*).
tripinnatum Gratel. (Mertensia, Callithamnion Ag., *Callithamnion A*).
truncatum Menegh. (Callithamnion, *Callithamn. Compsothamnion*).
Turneri Mert (Ceramium, Callithamnion Ag., *Herpothamnion A*).
unilaterale Zanard. (Callithamnion, *Herpothamnion Anisarthmium*).
variabile Ag. (Callithamnion, *Herpothamnion A*).
Vermilarae De Not. (Callithamnion, *Poecilothamnion Miscosporium*).
versicolor Draparn. (Conferva, Callithamnion Ag., *Poecilothamnion A*).
virgatulum Harv. (Callithamnion, s. bei *Rhodochorton*).
Wigghii Turn. (Fucus, Naccaria Endl. s. bei *Atractophora*).

5) Die Anwendung des Polarisationsapparates auf die Untersuchung der vegetabilischen Elementartheile.

(Vorgetragen den 8. März 1862.)

Abgesehen von vereinzelten frühern Beobachtungen wurde das Polarisationsmicroscop zuerst von Karl von Erlach (Müllers Archiv 1847 p. 313), Ehrenberg (Berichte der Verhandlungen der Berliner Akademie 1849, p. 55 und Schacht (Pflanzenzelle 1852 p. 429) systematisch auf die Untersuchung der Pflanzengewebe angewendet. Diese Forscher beschäftigten sich vorzüglich mit der Frage, ob und welche Elementartheile doppelbrechend seien oder nicht.

Erlach kam, gestützt auf eine geringe Zahl genauer Beobachtungen, zu dem Schlusse, dass keine der bis dahin untersuchten organischen Substanzen an sich einfachbrechend sei, dass die Doppelbrechung um so deutlicher werde, je weiter die Substanz in ihrer Entwicklung fortgeschritten, und dass in faserigen Gebilden die eine Schwingungsrichtung parallel zur Längsaxe, in Membranen senkrecht auf die Flächenausdehnung stehe.

Ehrenberg gewann als Resultat einer grossen Menge von Beobachtungen, dass von den pflanzlichen Elementartheilen die einen einfach- die andern doppelbrechend seien, dass der Grund der optischen Wirkung nicht allein in der organischen Structur, sondern zuweilen auch in einer doppelbrechenden Substanz liege, welche die Membranen überziehe und sich durch Säuren entfernen lasse, dass endlich die doppelbrechenden Eigenschaften der organischen Substanzen nicht aus Spannungsverhältnissen, sondern aus einem crystallinischen Zustande abzuleiten seien.

Schacht glaubte ebenfalls, dass manche Zellenmembranen, besonders die jugendlichen, nicht auf das polarisirte Licht wirken, und dass man vermittelst desselben entscheiden könne, ob eine Pflanzenzelle bereits Verdickungsschichten gebildet habe oder nicht. Im Ganzen aber legt er wenig Werth auf den

Polarisationsapparat, indem er sagt, derselbe sei am Microscop mehr für ausserordentliche hübsche Spielereien als zur wissenschaftlichen Belehrung geeignet (Microscop 1855 p. 29).

In einer sehr gründlichen Arbeit förderte Hugo von Mohl (bot. Zeit. 1858 p. 1) die Untersuchung des Pflanzengewebes mit Hilfe des polarisirten Lichtes um einen wichtigen Schritt. Indem derselbe eine Verbesserung in der Beleuchtung anbrachte, gelang es ihm, doppelbrechende Eigenschaften auch an solchen Membranen nachzuweisen, welche seine Vorgänger für einfachbrechend erklärt hatten; und er schloss aus seinen Beobachtungen, dass alle Zellenmembranen und Stärkekörner an sich doppelbrechend seien. Er entdeckte ferner, dass wenn man den polarisirten Lichtstrahl durch ein dünnes Plättchen von Gyps oder Glimmer gehen lässt, die organisirten Elementartheile analoge Verschiedenheiten zeigen wie positive und negative Crystalle. Er fand, dass die Zellenmembranen auf Quer- und Längsschnitten negative, die Stärkekörner, die cuticularisirten Membranen und die Membranen und Fasern von Caulerpa und Bryopsis positive Farben geben. Er fand ferner, dass die Zellmembranen von der Fläche betrachtet, in der Richtung der Faserung und Streifung ebenfalls optisch negativ sich verhalten. Er schloss endlich aus seinen Beobachtungen, dass der optisch positive oder negative Charakter einer Substanz durch die chemische Zusammensetzung bedingt werde und dass ein optisch verschiedenes Verhalten auch eine chemische Verschiedenheit anzeige. Desswegen behauptete Mohl (bot. Zeit. 1859 p. 225), die Substanz, welche von einem Stärkekorn zurückbleibt, wenn man demselben nach dem von mir angewendeten Verfahren die durch Jod sich bläuende Verbindung (Granulose) entzieht, sei nicht Cellulose sondern eine neue Verbindung, die er Farinose nannte; denn diese Farinose gebe positive, die Cellulose aber negative Farben.

Valentin (Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe in polarisirtem Lichte. 1861) gab eine durch Litteratur- und Sachkenntniss ausgezeichnete Darstellung der Polarisations-

erscheinungen und Polarisationsinstrumente. In denjenigen Abschnitten des praktischen Theils, welche von den vegetabilischen Elementarorganen handeln, wiederholte er im Wesentlichen die Angaben Mohl's, übersah aber die von diesem Beobachter hervorgehobene Thatsache, dass die von dem polarisirten Lichte senkrecht auf ihre Fläche durchsetzten Membranen Interferenzfarben zeigen, und kam in Folge dieses Versehens zu dem Schlusse, dass die vegetabilischen Substanzen einaxig seien, dass die optische Axe der radialen Richtung folge und dass den Stärkekörnern wirklich ein positiver, den Membranen ein negativer optischer Charakter zukomme.

Ich habe in den Jahren 1859 und 1860 mich einlässlicher mit der Anwendung des Polarisationsmicroscops auf die Untersuchung der pflanzlichen Elementartheile beschäftigt, und theile hier vorläufig die Ergebnisse mit, welche die Anordnung und die Natur der optischwirksamen Theilchen in den Zellmembranen und den Stärkekörnern betreffen, indem ich mir die ausführlichere und motivirte Behandlung an einem andern Orte vorbehalte.

Zuerst muss ich eine kurze Auseinandersetzung der innern Structur der genannten Elementartheile vorausgehen lassen. Sie bestehen aus einer imbibitionsfähigen Substanz und sind im befeuchteten Zustande mit mehr oder weniger Wasser durchdrungen. Sie erscheinen in diesem Zustande geschichtet, wobei die Schichten im Allgemeinen mit der Oberfläche parallel laufen. Ist die Schichtung in wasserarmen Körpern zuweilen undeutlich, so kann sie sichtbar gemacht werden, wenn dieselben durch Quellungsmittel mit mehr Flüssigkeit imbibirt werden. Das geschichtete Aussehen rührt daher, dass die Schichten abwechselnd mehr und weniger Wasser enthalten und desswegen ein ungleiches Lichtbrechungsvermögen besitzen. Im trockenen Zustande erscheint die Substanz homogen, weil alle Schichten gleich wenig oder gar kein Wasser enthalten. Dieses homogene Aussehen tritt auch ein, wenn die Substanz von Natur oder durch künstliche Mittel sehr viel Wasser aufgenommen hat, indem nun die dichten Schichten den weichen ähnlich geworden sind. Ich habe

diese Verhältnisse in meinen „Stärkekörnern" auseinander gesetzt.

Betrachtet man die Membranen von der Fläche, so sieht man sie zuweilen gestreift; ich spreche hier nicht von den Fasern, welche einer Verdickung der Membran ihren Ursprung verdanken und auf deren innern oder äussern Fläche vorspringen, noch von den Falten der äussersten Schicht. Jene Streifung der glatten unverdickten Zellhaut hat zu der unpassenden Annahme verführt, sie bestehe aus sogenannten Primitivfasern. Mit der Streifung hat es nach meinen Untersuchungen gleiche Bewandtniss wie mit der Schichtung. Sie rührt daher, dass in einer Schicht schmale Zonen abwechselnd mehr und weniger Wasser enthalten. Wenn wir das Bild der Fasern festhalten wollten, so könnten wir sagen, es bestehe jede Schicht einer Membran aus einer einfachen Lage von Fasern, von denen alternirend je die einen dicht und wasserarm, die andern weich und wasserreich seien.

Die Membranen sind aber in der Regel nicht nur nach einer, sondern nach zwei sich kreuzenden Richtungen gestreift. Die einen gewöhnlich etwas stärkern Streifen laufen in einer cylindrischen oder prismatischen Zelle zuweilen parallel mit der Axe, die andern etwas schwächern senkrecht zu derselben. Häufig haben die Streifen einen schiefen Verlauf, wobei die stärkern bald die steiler, bald die weniger steil aufsteigenden sind, indess die schwächern mit denselben genau oder fast genau einen Winkel von 90° bilden. Doch fand ich, dass bei Cladophora hospita der Winkel zwischen beiden Streifensystemen von 78 zu $86\frac{1}{2}$° variirt.

Diese beiden Streifungen verhalten sich gleich und bestehen beide aus abwechselnd dichten und weichen Zonen. Die Membran oder Membranschicht, von der Fläche betrachtet, zeigt somit ein parketartiges Aussehen. Sie besteht aus kleinen Quadraten oder quadratähnlichen Rhomben, welche durch 3 und vielleicht 4 verschiedene Grade des Wassergehaltes von einander verschieden sind. Die dichtesten (wasserärmsten) Felder ent-

sprechen den Kreuzungsstellen der dichten, die weichsten (wasserreichsten) den Kreuzungsstellen der weichen Streifen, während die Kreuzungen von weichen und dichten Sreifen einen oder zwei mittlere Grade des Wassergehaltes darstellen. Ich habe diese Verhältnisse am deutlichsten bei einigen Fadenalgen mit grossen Zellen, namentlich an Chamaedoris beobachten können.

Die Zellenmembran besteht also gleichsam aus 3 sich kreuzenden Schichtungen, ähnlich den Blätterdurchgängen der dreifach blättrigen Crystalle. Von denselben überwiegt eine die andern beiden in der Regel so sehr, dass diese neben ihr beinahe verschwinden; jene wird als Schichtung schlechthin, diese als Streifungen bezeichnet. Während aber bei den Crystallen die Blätterdurchgänge bloss die schichtenförmige Anordnung der kleinsten Theilchen anzeigen, so sind die Schichtung und die Streifungen der Membranen nicht bloss der Ausdruck für die Anordnung der Substanztheilchen, sondern wie ich eben zeigte auch für eine ungleiche Wassereinlagerung, indem immer dichte und weiche Zonen mit einander alterniren.

Dieses letztere Verhältniss steht in einer bestimmten Beziehung zum Wachsthum. Ich habe für die Stärkekörner nachgewiesen, dass dieselben sich durch Intussusception vergrössern, indem die dichten Schichten mächtiger werden, und wenn sie eine bestimmte Mächtigkeit erlangt haben, sich in zwei Blätter spalten, zwischen denen eine weiche Schicht eingelagert wird. Ich habe auch für einige Zellmembranen wahrscheinlich gemacht, dass das Dickenwachsthum nicht nach der bisherigen Annahme durch Apposition, sondern durch Intussusception geschehe (Stärkekörner p. 282). Ich kann jetzt beifügen, dass es mir gelungen ist, auch für verschiedene andere Beispiele die thatsächlichen Beweise für die Einlagerung zu gewinnen, und ich kann die allgemeine Giltigkeit des Satzes in Anspruch nehmen, dass auch bei den Zellmembranen die Schichtung durch Differenzirung im Innern erfolgt.

Was das Flächenwachsthum betrifft, so habe ich früher ebenfalls gezeigt, dass es nur durch Intussusception vor sich

gehen kann (Stärkekörner p. 279). Die gestreifte Structur, die ich vorhin dargelegt habe und die eine vollkommene Analogie mit der Schichtung aufweist, macht es wahrscheinlich, dass beim Flächenwachsthum ganz analoge Vorgänge stattfinden wie beim Dickenwachsthum. Wie bei dem einen junge weiche Schichten, so werden bei dem andern junge weiche Streifen eingelagert. Da aber das Flächenwachsthum eine Vergrösserung in 2 Richtungen in sich schliesst, so müssen auch die Streifungen in 2 Richtungen verlaufen, und es ist für die Mechanik des Wachsthums bemerkenswerth, dass die beiden Richtungen fast ohne Ausnahme genau oder nahezu rechtwinklig sind.

Es ist nach dem, was ich eben über die Bedeutung der Schichtung und Streifung gesagt habe, begreiflich, dass dieselben um so deutlicher hervortreten, je rascher das ihnen entsprechende Dicken- und Flächenwachsthum erfolgt sind. Die Schichten sind am markirtesten in den grossen Stärkekörnern und den dicken Zellmembranen, die in kürzester Zeit sich gebildet haben. Die Streifen werden am sichersten gesehen an den Membranen grosser und langer Zellen, die binnen kurzer Zeit ihre beträchtliche Ausdehnung erlangten, so namentlich an den Zellen mancher niederer Algen.

Diese Auseinandersetzung über die Structurverhältnisse und deren Beziehung zum Wachsthum war nöthig, weil durch sie die Lagerung der Substanztheilchen bedingt wird und weil von der letztern die optischen Verhältnisse abhängen.

Um die Bedeutung der optischen Erscheinungen an den organischen Körpern würdigen zu können, müssen wir von einem möglichst einfachen Falle ausgehen, der gleichsam als Maass für die übrigen gelten kann. Gewöhnlich beginnt die Optik die Lehre von den doppelbrechenden Körpern mit dem einaxigen Crystall. In gewisser Beziehung dürfte es passend sein, das gepresste Glas mit zum Ausgangspunkt zu wählen, weil man hier die Verwandlung des isotropen Mediums in ein anisotropes verfolgen kann. Diess ist besonders nothwendig für die organischen Körper, weil hier die Analogie mit dem Crystall

gar nicht oder nur sehr unvollständig festgestellt werden kann.

Wenn man ein Stück Glas, am besten einen Würfel oder überhaupt ein Prisma in der Richtung seiner Axe zusammenpresst, so wird es doppelbrechend und nimmt die optischen Eigenschaften des einaxigen negativen Crystalls an. Im Glas ist die Dichtigkeit des Aethers vor der Anwendung des Druckes nach allen Richtungen die gleiche; nachher ist sie in der Richtung der Axe grösser. Wenn wir in dem nicht comprimirten Glas eine Kugel in Gedanken isoliren, so verwandelt sich dieselbe durch den Druck in ein Sphaeroid. Dasselbe kann als Ausdruck für die Aetherdichtigkeit gelten, indem diese sich umgekehrt wie die Radien oder Durchmesser verhält. Dieses Dichtigkeitsellipsoid hat die gleiche Lage wie das Ellipsoid für die Wellenfläche des extraordinären Strahls. — Wenn ein Glasprisma in der Richtung seiner Axe auseinander gezogen wird, so erhält es die Eigenschaften des positiven einaxigen Crystalls. Die Aetherdichtigkeit vermindert sich dabei in der Richtung der Axe; sie wird durch ein in dieser Richtung verlängertes Rotationsellipsoid dargestellt, welches zugleich auch im Allgemeinen die Gestalt der Wellenfläche des ausserordentlichen Strahls angibt.

Die Aetherdichtigkeitsellipsoide müssen, da ihre Radien sich umgekehrt wie die Dichtigkeiten verhalten, naturgemäss auch die Elasticitätsellipsoide sein, weil der grössern Verdünnung des Lichtäthers die grössere Elasticität entspricht. Daraus glaube ich schliessen zu können, dass die Strahlen in ihrer Polarisationsebene, der ordentliche im Hauptschnitt, der ausserordentliche senkrecht dazu schwingen; denn die letztere Richtung ist die einzige, welche durch eine verschiedene Aetherdichtigkeit von den übrigen abweicht, und zwar im positiven einaxigen Crystall durch geringere, im negativen durch grössere Dichtigkeit [1]. — Nach der gewöhnlichen Annahme stehen Schwingungs- und Polarisationsebene bekanntlich senkrecht auf ein-

(1) Holtzmann hat auf anderem Wege bereits bewiesen, dass Polarisationsebene und Schwingungsebene zusammenfallen (Pogg. Ann. 1856. Bd. 99. p. 446).

ander; und das Elasticitätsellipsoid hat im Vergleich zum Ellipsoid der Wellenfläche des extraordinären Strahls die umgekehrte Lage. Diess scheint mir im Widerspruche mit der Thatsache zu stehen, welche uns die Compression und Expansion eines isotropen Mittels an die Hand gibt. Es versteht sich übrigens von selbst, dass diese theoretische Betrachtung nur insofern von Werth ist, als wir die optischen Erscheinungen mit andern moleculären Verhältnissen in Beziehung bringen; dass aber die ganze Lehre der Optik und ihre mathematische Begründung nicht davon berührt wird[2].

---

(2) Die Annahme einer ungleichen Aetherdichtigkeit ist allerdings bloss noch Hypothese, aber nicht mehr Hypothese als die Undulationstheorie selbst, und eine Hypothese für welche die grösste Wahrscheinlichkeit spricht. Wenn dem Aether die in der Materie thätigen repulsiven Kräfte inwohnen, so muss derselbe an Dichtigkeit zunehmen, wenn man eine elastische Substanz zusammendrückt, denn sie hat das Bestreben sich auszudehnen. Ferner muss von zwei Körpern der dichtere auch den dichtern Aether enthalten, weil in ihm die Summe der Attraktivkräfte grösser ist und dieser grössern Anziehung eine entsprechende grössere Repulsion das Gleichgewicht hält. Endlich müssen crystallinische Körper, in welchen die Attraktivkräfte in gewissen Richtungen stärker wirken, aus dem nämlichen Grunde in diesen Richtungen eine grössere Menge von abstossenden Aethertheilchen, also eine grössere Aetherdichtigkeit haben als in andern. — Wenn nun das Licht durch die Schwingungen der Aethertheilchen fortgepflanzt wird, so muss die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch einen gegebenen Raum von der Menge der in diesem Raum befindlichen Theilchen, also von der Dichtigkeit des Aethers bedingt werden. Damit stimmt die Thatsache überein, dass in gasförmigen Substanzen die optische Dichtigkeit in gleichem Maasse zunimmt wie die gewöhnliche, und dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtstrahlen im umgekehrten Verhältnisse dazu steht; so wie ferner, dass auch in den flüssigen und festen Körpern die Lichtstrahlen sich beträchtlich langsamer bewegen als in den gasförmigen. — Nun ist zwar Neumann (Abhandlungen der Berliner Akademie aus dem Jahre 1841) bei seinen Beobachtungen an comprimirtem Glas zu dem mit den bisherigen Thatsachen im Widerspruche stehenden Schluss gekommen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem Körper wachse, wenn durch mechanische Operation seine Dichtigkeit vermehrt werde. Diese Folgerung gilt für die Annahme, dass Schwingungsebene und

Wenn eine geschmolzene Glaskugel rasch abgekühlt wurde, so befindet sich die äussere (Rinden-) Substanz in einem Zustande der Verdichtung, die innere in einem Zustande der Verdünnung. Demgemäss zeigt die Masse in den tangentialen mit der Oberfläche parallelen Richtungen positive, in den radialen Richtungen negative Spannung. Die Glaskugel, und mit ihr stimmt ein eingetrockneter Gummitropfen überein, verhält sich optisch gerade so, als ob sie aus unendlich vielen Keilen von optisch positiven einaxigen Crystallen bestände, deren Axen die Stellung von Radien haben. Die isotrope Glaskugel dagegen, die gleichmässig erhitzt und dann vom Umfange aus abgekühlt wird, verhält sich vor erfolgter gänzlicher Erkaltung rücksichtlich ihrer Spannungs- und Aetherdichtigkeitsverhältnisse umgekehrt. Sie ist aus radial gestellten Elementen zusammengesetzt, die wie negative einaxige Crystalle wirken. — Glaskörper die von der Kugelgestalt abweichen, und die erhitzt oder abgekühlt werden, bestehen ebenfalls aus zahllosen Elementen, die in ihrer Axenstellung unter einander nicht parallel sind; aber diese Elemente sind nicht einaxigen sondern zweiaxigen Crystallen zu vergleichen, wie man deutlich schon am Glascylinder sieht. Sie haben 3 verschiedene Elasticitäts- oder Dichtigkeitsaxen.

Der Polarisationsapparat zeigt die Richtung der Schwingungsebenen in den organisirten Körpern an; die Vergleichung mit comprimirtem oder expandirtem Glas oder mit einaxigen Crystallen aber weist nach, welche Richtung der grössern oder geringern Aetherdichtigkeit entspreche. Wenn nämlich das comprimirte Glas so auf ein Gypsplättchen gelegt und unter das Polarisationsmicroscop gebracht wird, dass die Schwingungsebenen im Glas und im Gyps zusammenfallen, aber mit denen

---

Polarisationsebene rechtwinklich aufeinanderstehen. Lässt man aber beide zusammenfallen, so entspricht sowohl für diesen sowie für alle andern Fälle der Compression, Expansion, Erwärmung und Abkühlung die geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit der grössern Aetherdichtigkeit oder, was das Nämliche ist, einer positiven Spannung, und umgekehrt, — wie ich anderswo ausführlicher zeigen werde.

der Polarisationsprismen einen Winkel von 45° bilden, so werden die Gangunterschiede der Strahlen und somit die Farbe des Gypsplättchens in der Farbenskale erhöht, wenn die gleichnamigen Aetherdichtigkeitsaxen (d. h. der grössern Dichtigkeit einerseits sowie der geringern andererseits) im Glas und im Gyps sich decken. Sie werden in entsprechendem Maasse vermindert, wenn die ungleichnamigen Axen (die der grössern und die der geringern Aetherdichtigkeit) zusammentreffen. Lässt man dem Gypsplättchen die nämliche constante Lage, so erhält man durch jeden zu untersuchenden Körper, vorausgesetzt dass dessen Schwingungsebenen in die diagonale Stellung wie im Gypsplättchen gebracht wurden, entweder Additions- oder Subtraktionsfarben, und man kann daraus unmittelbar entnehmen, in welcher Ebene die Axe der grössern und in welcher die der geringern Aetherdichtigkeit sich befindet.

In den durchdringbaren geschichteten Körpern (Membranen und Stärkekörnern) sind die optisch wirksamen Elemente ohne Ausnahme so angeordnet, dass die eine Elasticitäts- oder Dichtigkeitsaxe senkrecht zur Schichtung steht, die beiden andern aber in der Ebene jeder einzelnen Schicht liegen. Zeigen die Schichten, von der Fläche angesehen, zwei Systeme von Streifen, die sich rechtwinklig kreuzen, so entsprechen denselben die beiden andern Aetherdichtigkeitsaxen. Wenn aber die Streifen sich nicht unter einem Winkel von 90° schneiden, so fallen die Dichtigkeitsaxen weder mit den einen noch mit den andern zusammen. — Daraus folgt natürlich, dass in einer cylindrischen Zelle und in einer soliden cylindrischen Faser (wie bei Caulerpa) die optisch wirksamen Elemente mit der einen Dichtigkeitsaxe wie Radien um die Cylinderaxe, in kugeligen oder ellipsoidischen Zellen und Stärkekörnern wie Radien um den Mittelpunkt angeordnet sind. Desswegen zeigen die kugeligen und ellipsoidischen Körper sowie die Querschnitte durch die cylindrischen Körper analog den Glaskugeln und den Glascylindern das bekannte

Kreuz, welches die gleiche Natur und Farbe hat wie das Gesichtsfeld.

Die optisch wirksamen Elemente, aus denen die Membranen und wahrscheinlich auch die Stärkekörner bestehen, haben drei verschiedene Elasticitäts- oder Dichtigkeitsaxen, wie man aus den Interferenzfarben sieht, die sie geben, wenn die eine oder andere Axe senkrecht steht. Sie haben demnach die Natur von zweiaxigen Crystallen. Dabei gilt fast als ausnahmslose Regel, dass die kleinste oder die grösste Dichtigkeitsaxe senkrecht zur Schichtung steht. In den unveränderten Stärkekörnern, in den cuticularisirten Zellmembranen (Cuticula und Kork), in wenigen einzelligen Algen befindet sich die geringste Aetherdichtigkeit (grösste Elasticität) in der zur Schichtung senkrechten Richtung. Bei den gewöhnlichen Zellmembranen dagegen ist es die Axe der grössten Aetherdichtigkeit (geringsten Elasticität), welche die Schichten rechtwinklig durchbricht. Unter den erstern haben die Stärkekörner die Axe der geringsten Dichtigkeit in der transversalen, die Algenzellen in der longitudinalen Tangentialrichtung. Bei den zweiten ist die Axe der grössten Dichtigkeit häufiger longitudinal, seltener transversal gestellt.

H. v. Mohl drückt diese Verhältnisse anders aus; er sagt, die Stärkekörner und die cuticularisirten Membranen geben im Durchschnitt angesehen positive, die übrigen Zellmembranen negative Farben; ebenso sagt er, die Membranen seien, von der Fläche angesehen, in der Richtung der stärkern Streifung negativ-gefärbt. Er hat diese Terminologie von Brewster entlehnt, welcher sie für das anisotrop gewordene Glas anwendete. Für Glaskugeln, die aus einaxigen positiven oder negativen Elementen bestehen, ist sie gewiss vollkommen richtig. Allein schon für Cylinder, Ellipsoide, Tafeln von Glas scheint es mir nicht gerechtfertigt [3] und für die organischen Körper halte ich es

(3) Als Brewster seine Versuche mit gepresstem, erhitztem und abgekühltem Glas anstellte, so verglich er dasselbe mit einaxigen Krystallen.

gleichfalls für unstatthaft, von positiver und negativer Färbung zu sprechen. Jene Gläser und diese Körper sind aus zweiaxigen Elementen zusammengesetzt und wir wissen von denselben meistens bloss, in welcher Richtung die Axen der grössten, der mittlern und der kleinsten Aetherdichtigkeit gestellt sind; wir wissen aber nichts über das Grössenverhältniss dieser Axen[4]. Es mangelt also, mit Ausnahme weniger Beispiele, Alles, was nöthig wäre, um zu entscheiden, ob die optisch wirksamen Elemente jener Glasstücke und jener organischen Körper sich wie positive oder wie negative zweiaxige Crystalle verhalten. — Es ist zwar sicher, dass man auch an zweiaxigen Körpern positive und negative Färbung unterscheiden kann. Die Verschiedenheit stellt sich ganz sicher heraus, wenn die optischen Axen in einer horizontalen Ebene liegen. Aber praktischen Werth wie bei den einaxigen Körpern, wird die Terminologie bei den zweiaxigen nicht gewinnen können, da die Kenntniss der Crystallform, der Lage der optischen Axen und somit des positiven oder negativen Charakters vorausgehen muss, ehe man die Bedeutung der Färbung beurtheilen kann.

Es frägt sich ferner, ob die Unterscheidung positiver und

Dabei brachte es theils das Objekt mit sich, theils begnügte er sich sonst damit, dass er nur den Effekt der in einer Fläche wirksamen zwei Aetherdichtigkeiten in Betracht zog. Ueberdem waren die zweiaxigen Mittel zwar wohl bekannt, aber doch noch weniger studirt und namentlich noch nicht in positive und negative unterschieden. — Ein von mir untersuchter cylindrischer Glasstab von $3^1/_4$ M. M. Durchmesser verhält sich in Folge seiner Spannungen so, als ob er aus zweiaxigen, optisch-positiven Elementen zusammengesetzt wäre, in denen der Winkel zwischen der optischen Axe und der längsten Elasticitätsaxe 36° beträgt.

(4) Ich kann unter allen Elementarorganen bloss für einen Fall auf indirektem Wege die Lage der optischen Axen approximativ schätzen. Bei Chaetomorpha aerea nämlich sind die optisch wirksamen Elemente der Membran zweiaxig und positiv (sie haben also den entgegengesetzten Charakter von dem, den ihnen Mohl zuschreibt); der Winkel zwischen der optischen Axe und der grössern Elasticitätsaxe ist sicher kleiner als 40°, aber sein Werth weiter nicht genau zu bestimmen.

negativer Färbung, wenn auch in strenger crystallographisch-optischer Bedeutung unrichtig, nicht dennoch zweckmässig angewendet werden könnte, indem man die 2 Elasticitätsaxen des zweiaxigen Objekts, die in einer bestimmten Lage zur Wirksamkeit gelangen, mit denen der einaxigen Crystalle vergleicht. Diess scheint mir indess nicht der Fall zu sein, weil die Anwendung willkührlich ist und daher leicht zu Verwirrung und Missverständniss führen kann. Mohl sagt von der Zellmembran, sie gebe im Querschnitt, im Längsschnitt und von der Fläche angesehen negative Farben. Das ist das Nämliche, als ob man von einem zweiaxigen Crystall sagte, er sei, wenn man nacheinander jede der 3 Elasticitätsaxen in eine senkrechte Lage bringt, negativ gefärbt. Man könnte mit gleichem Rechte ihn positiv gefärbt nennen, da in diesen Stellungen zwischen negativen und positiven zweiaxigen Körpern keine Verschiedenheit besteht. Mohl setzt voraus, die Interferenzfarben eines Körpers müssen in allen 3 Richtungen des Raumes den gleichen (positiven oder negativen) Charakter besitzen. Desswegen nennt er die verschiedenen Zellmembranen (z. B. Cladophora und Chara), obgleich dieselben von der Fläche betrachtet sich rücksichtlich der Interferenzfarben entgegengesetzt verhalten, doch alle negativ gefärbt; aber er sagt, die Farbe werde bei den einen durch die Längsstreifen, bei den andern durch die Querstreifen bestimmt[5]. Auch diese Voraussetzung ist willkührlich; man

---

(5) Dieser Ausdruck Mohl's ist mir überhaupt nicht recht verständlich, weil mir die anatomische und optische Begründung entgeht. Wie ich oben ausführte, zeigen die Membranen, von der Fläche angesehen, zwei Systeme von Streifen, die sich rechtwinklig kreuzen. Nun, sagt Mohl (bot. Zeit. 1858 p. 13) „war hier zu untersuchen, ob ein einziges von diesen zwei Systemen den optischen Charakter der Membran bestimme, oder ob beide eine gleichstarke und entgegengesetzte Wirkung ausüben und ihre Wirkung gegenseitig neutralisiren, wie dieses bei zwei gekreuzten Glimmerplättchen von gleicher Dicke stattfindet.“ Die Beobachtung habe gezeigt, dass das Erstere der Fall sei, dass aber bei den einen Zellen die Längs-, bei den andern die Querstreifen maass-

könnte mit gleichem Rechte und wohl mit mehr Consequenz die Interferenzfarbe in allen Fällen nach dem gleichen Streifensystem bestimmen, und sie daher bei Chara positiv nennen, wenn man sie bei Cladophora als negativ bezeichnet.

Da die Anwendung dieser Terminologie so sehr von dem subjektiven Ermessen abhängt, so ist nicht zu vermeiden, dass zwei Beobachter die nämliche Erscheinung mit entgegengesetzten Ausdrücken bezeichnen. Diess ist in der That geschehen. Brücke untersuchte die Muskelfaser (sarcous element) von Hydrophilus und nannte sie optisch positiv (Denkschriften der Akademie der Wissenschaften zu Wien 1858. XV. p. 69). Mohl fand dagegen im Gegensatz zu Brücke, dass die Muskelfasern mit einer aus Cellulose bestehenden Faser übereinstimmen und desshalb negativ seien; er machte auf diesen Widerspruch aufmerksam, ohne ihn zu lösen (Bot. Zeit. 1858 p. 375). Brücke bestimmte in seiner Arbeit zuerst die einaxige Natur der Muskelfasern, indem er zeigte, dass sie sich in der Richtung der Längsaxe einfach brechend verhalten. Dann fand er, indem er sie auf einen Bergcrystallkeil legte, dass sie optisch positiv sind. Das Verfahren ist vollkommen überzeugend und lässt über die Richtigkeit des Schlusses keinen Zweifel. Wegen der abweichenden

---

gebend seien. Diese Anschauung scheint vorauszusetzen, dass die zweierlei Streifen Fasern seien, die selbstständig nebeneinander und wohl selbst auch neben den Schichten bestehen; denn auf Durchschnitten sind es nach Mohl die Schichten, in der Flächenansicht die beiden Streifen- oder Fasersysteme, welche ihre optische Wirkung ausüben. — Nach meiner Anschauung dagegen begreifen sowohl die Schichten, als jedes Streifensystem für sich die ganze Substanz der Membran, mit andern Worten jedes Molecül ist zugleich ein Theil sowohl einer Schicht, als eines Längsstreifens und eines Querstreifens. Schichtung und Streifungen sind an der Membran nichts anders als die Blätterdurchgänge im Crystall, und die Theorie, dass bei der einen Membran die Längsstreifen, bei der andern die Querstreifen den negativen Charakter bedingen, ist nach meiner Vorstellung ebenso unstatthaft als wenn man sagen wollte, bei dem einen Crystall sei es der eine, bei dem andern ein anderer Blätterdurchgang, welcher die Interferenzfarben hervorrufe.

Angabe von Mohl wiederholte ich die Untersuchung an Muskelfasern von grössern Carabusarten. Das Resultat war das nämliche, wie es Brücke schon angegeben: Die Querschnitte erscheinen, wenn man sie um ihre Axe dreht, dunkel oder zeigen auf einem Gypsplättchen die Farbe desselben. Zur Bestimmung des optischen Charakters bediente ich mich nicht eines Bergcrystallkeils, sondern eines Gypsplättchens, an welchem die Axe der grössern und geringern Aetherdichtigkeit zuvor durch Vergleichung mit einem Kalkspathprisma sowie mit mehrern microscopischen Crystallen, die ich aus Lösungen auscrystallisiren liess (phosphorsaures Kali, Cyanquecksilber, salpetersaures Natron) festgestellt worden war. Die Muskelfasern verhielten sich umgekehrt wie die ebengenannten negativen Crystalle. Wenn sie also wirklich einaxig sind, so muss man sie sicher positiv nennen. Die Vergleichung mit Cellulosefasern z. B. mit Bastfasern ist jedoch unstatthaft; beide gleichen einander bloss in der äussern Form, weichen aber in der Anordnung der optisch wirksamen Elemente gänzlich ab; bei der Cellulosefaser sind die letztern zweiaxig und stehen auf Querschnitten in radialen Reihen [6].

---

(6) Es ist mir übrigens einigermaassen zweifelhaft, ob die Substanz der Muskelfaser wirklich einaxig sei, wie es Brücke annimmt. Der Mangel an Interferenzfarben bei aufrechter Stellung wäre entscheidend, wenn man annehmen dürfte, die optisch wirksamen Elemente stimmen in der Stellung der Elasticitätsaxen so mit einander überein, dass ihre Wirksamkeit bemerkbar werden muss. Es wäre denkbar und mit Rücksicht auf den Bau der Muskelfaser vielleicht nicht unwahrscheinlich, dass die auf dem Querschnitt nebeneinander liegenden optisch wirksamen Elemente schon innerhalb sehr geringer Entfernungen sich mit ihren Axen nach verschiedenen Seiten kehrten, und dass im Zusammenhange hiemit die parallel der Axe der Muskelfaser hintereinander liegenden in ihren Stellungen ebenfalls sich ungleich verhielten, so dass die widersprechenden Effekte sich grösstentheils aufhöben. Zu diesen Bemerkungen veranlasst mich die Thatsache, dass, soweit meine Beobachtungen im Pflanzenreiche gehen, die organisirten Körper (aus Kohlenhydraten und aus Proteinkörpern bestehend) optisch zweiaxig sind. Ueberall, wo es der Bau und die Form der Elementarorgane mit sich bringt, dass die

Offenbar war es Mohl darum zu thun, die Elementarorgane in zwei Kategorien, die er optisch positiv und negativ nannte, zu scheiden, um damit eine Basis für anderweitige Trennungen zu erhalten. Die Aufgabe scheint mir dagegen vorerst keine andere als die Lage und die relative Grösse der Aetherdichtigkeitsaxen zu bestimmen, und schon jetzt zeigt es sich unmöglich die Vorkommnisse in dieser Beziehung durch zwei oder auch durch vier Kategorien zu erschöpfen, denn die Lage der mittlern und der einen extremen Elasticitätsaxe kann bei verschiedenen Zellen und sogar neben einander an verschiedenen Stellen der nämlichen Zelle (blattartige Zweige von Caulerpa) alle möglichen Richtungen zeigen.

Damit ist, wie ich glaube, auch über die Theorie Mohl's entschieden, nach welcher die optischen Verhältnisse über die chemische Zusammensetzung Aufschluss zu geben im Stande wären; und nach welcher positive und negative Färbung an zwei Körpern, die sonst keine Differenz zeigen, als Beweis ihrer chemischen Verschiedenheit gelten müssen. Denn in der That wäre es einerseits möglich, dass von 2 Membranen, die beide in den nämlichen Lagen Additionsfarben geben, die also in der Stellung der 3 Aetherdichtigkeitsaxen unter einander übereinstimmen, die eine aus negativen, die andere aus positiven zweiaxigen Elementen bestände. Es könnte diess ja von geringen Verschiedenheiten in der Länge der mittlern Dichtigkeitsaxe

---

optisch wirksamen Elemente in grössern Partien rücksichtlich der räumlichen Verhältnisse übereinstimmen, lässt die Untersuchung keinen Zweifel. Die scheinbare einaxige Natur tritt nur da auf, wo eine verschiedene Axenstellung der nahe beisammen liegenden Elemente wahrscheinlich ist, z. B. an kugeligen Körnern und Zellen. Es ist nicht anzunehmen, dass eine kugelige Zelle aus einaxigen, die längliche aus zweiaxigen Cellulosemolecülen bestehe; aber es ist sehr probabel, dass in der kugeligen Zelle die zweiaxigen Elemente um jeden Punkt der Kugeloberfläche symmetrisch angeordnet sind, und dass daher das unsern Sinnen wahrnehmbare Flächenelement keine oder wenigstens keine bestimmte und in die Augen fallende optische Wirkung gibt.

abhängen. Andererseits wäre es ebenso wohl denkbar, dass zwei Elementarorgane (z. B. Zellmembran und Stärkekorn) von denen das eine die geringste, das andere die grösste Aetherdichtigkeit senkrecht zur Schichtung haben, beide aus positiven oder beide aus negativen Elementen zusammengesetzt wären.

Die Mohl'sche Theorie wurde allerdings dadurch plausibel gemacht, dass einmal Stärkekörner und Zellmembranen in der Stellung ihrer Aetherdichtigkeitsaxen einen Gegensatz bilden, dass ferner Membranen, welche von Natur cuticularisirt oder durch die Kunst in Schiessbaumwolle umgewandelt werden, ihre Dichtigkeitsellipsoide wechseln. Allein ihr widersprechen mehrere Thatsachen: 1) dass es Zellmembranen gibt (Bryopsis, Udotea, Halimeda), welche in allen übrigen Reactionen sich wie gewöhnliche Cellulose verhalten, nur in der Stellung des Dichtigkeitsellipsoides abweichen; 2) dass an den Zellmembranen dieser Algen (Bryopsis, Caulerpa), welche optisch sonst der Cuticula gleichen, zuweilen eine äussere Schicht mit den gewöhnlichen Zellmembranen in den Interferenzfarben übereinstimmt; 3) dass es Membranen gibt (Caulerpa, Acetabularia), welche von der Fläche betrachtet, stellenweise positive, stellenweise negative Farben geben; 4) dass es Pflanzen gibt, bei denen die ganzen Zellen die gleiche Verschiedenheit zeigen (bei Nitella syncarpa die Glieder der Wurzelhaare und das unterste Stammglied einerseits, die Glieder der Stämmchen, Aeste und Zweige andererseits); 5) dass das alte Fichten- und Tannenholz (von Abies excelsa und pectinata) auf Querschnitten positiv gefärbt ist wie die Stärkekörner, indess die äusserste Schicht (die sog. primäre Membran) die gewöhnliche Reaction der Membranen behalten hat, und während der Längsdurchschnitt aller Schichten ebenfalls negative Farben erzeugt, endlich 6) dass die Cellulosekörner, welche nach Entfernung der Granulose aus den Stärkekörnern zurückbleiben und in ihrem übrigen Verhalten durchaus mit manchen Cellulosemembranen übereinstimmen, auf das polarisirte Licht die entgegengesetzte Reaction geben. Es scheint mir daher, dass die ungleichen optischen Eigenschaften der geschichteten pflanz-

lichen Elementartheile ihr Dasein nicht chemischen, sondern morphologischen (physikalischen) Verschiedenheiten verdanken.

Als ich an die Untersuchungen mit dem Polarisationsmicroscop ging, war es mein erster Gedanke, es möchten die doppelbrechenden Eigenschaften von Spannungen herrühren, die denjenigen im erhitzten Glas nicht denjenigen im Crystalle analog seien, also von Spannungen, die in dem einen Theil positiv in dem andern Theile negativ sind und sich so das Gleichgewicht halten. Dieser Gedanke musste aber nach den ersten Versuchen aufgegeben werden. In den Stärkekörnern bestehen zwar, wie ich früher nachgewiesen habe, solche Spannungen, und gerade in der Art, wie sie durch die optischen Erscheinungen gefordert werden. Allein in der Cuticula bestehen die entgegengesetzten Spannungen und doch hat das Ellipsoid der Aetherdichtigkeit die gleiche Lage wie im Stärkekorn. Wenn ferner die Spannungsverhältnisse zwischen den Schichten (so dass die einen positiv die anderen negativ gespannt wären, oder dass in einer ganzen Zelle die eine Spannung in den tangentialen Richtungen die andere in den radialen Richtungen der Membran wirkte) die optischen Erscheinungen hervorbrächten, so müssten diese ganz oder grösstentheils vernichtet werden, wenn man ein Stärkekorn oder eine Zellmembran in kleine Stücke schneidet, weil ja dann die Spannungen sich geltend machen und sich ausgleichen könnten. Diess ist nun aber keineswegs der Fall; die kleinsten Stücke von Membranen haben die nämlichen optischen Eigenschaften, die sie im Zusammenhang mit der ganzen Zelle hatten. — Ich bemerke noch, dass bereits auch Mohl (Bot. Zeit. 1859. p. 227) sich die nämliche Frage gestellt und verneint hat. Allein seine Gründe, von ganzen Stärkekörnern hergenommen, scheinen mir weniger zutreffend, da die Spannungsverhältnisse unter den angeführten Umständen voraussichtlich nicht sehr geändert werden dürften.

Dass die Spannungen zwischen den Schichten die Ursache der Doppelbrechung seien, ist von Schultze angenommen worden. Derselbe stützt sich für die Stärkekörner auf die von

mir nachgewiesenen Spannungsverhältnisse, und für die Zellenmembranen glaubt er sie aus einer Theorie über die Entstehungsweise derselben folgern zu können. Allein ausser den Gründen, welche ich eben angegeben habe, muss hiegegen ferner noch eingewendet werden, dass die Pflanzenzellmembranen anders wachsen als es von Schultze angenommen wird, und dass, wie ich glaube, auch aus jener Annahme nicht die gefolgerte Spannung hervorgehen könnte.

Die Unstatthaftigkeit der Annahme, dass die Doppelbrechung von solchen Spannungen herrühre, wie ich sie eben besprochen habe, ergibt sich aber vorzüglich aus den merkwürdigen Erscheinungen, welche bei mechanischen Einwirkungen auftreten und welche der optischen Analyse erst den Hebel darbieten und ihr gestatten, bestimmte Schlüsse auf die Natur der optisch wirksamen Elemente zu ziehen.

Wenn man einen Glasfaden biegt, so genügt eine sehr geringe Ausdehnung oder Zusammenziehung, um deutliche optische Veränderungen hervorzurufen. Eine approximative Berechnung gibt folgendes Resultat. Hat das Glas eine Dicke von 20 Mik. (0,020 M. M.) und wird dasselbe um 0,012 seiner ursprünglichen Länge auseinander gezogen oder zusammen gepresst, so erscheint es auf dem dunkeln Gesichtsfeld des Polarisationsmicroscops hellbläulich und das Roth erster Ordnung eines Gypsplättchens wird in Gelb I erniedrigt oder Blau II erhöht. Die gleiche Wirkung gibt ein Gypsplättchen von 20 Mik. Dicke; an diesem verhalten sich die Elasticitätsaxen wie 1,520 : 1,529 oder wie 1 : 1,006. Die geringe Verschiedenheit, welche sich zwischen dem Dilatationscoefficienten des Glases und dem Elasticitätscoefficienten des Gypses herausstellt, lässt sich theils aus den Veränderungen im Aether eines isotropen Mediums, auf welches Druck oder Zug einwirkt, theils aus Beobachtungsfehlern hinreichend erklären. Es zeigt die Vergleichung immerhin, dass das Glas sich ähnlich wie die Crystalle verhält, dass dasselbe nur äusserst wenig seine Dimensionen verändern muss, um deutliche doppelbrechende

Eigenschaften zu erlangen. Wie das Glas verhält sich offenbar auch das eingetrocknete spröde gewordene Gummi und Dextrin.

Ganz abweichende Erscheinungen ergeben die durchdringbaren organisirten Substanzen. Man kann die Schichten einer mit Wasser durchdrungenen Caulerpamembran durch Biegen und Falten auseinander ziehen und verkürzen, so dass die Differenz zwischen den beiden Extremen einer Verlängerung von 42 Proc. oder einer Verkürzung von 30 Proc. gleichkommt, ohne eine dem Auge bemerkbare Aenderung in den Interferenzfarben hervorzubringen, während beim anisotrop gewordenen Glasfaden eine Dilatation von 0,001 (also $^1/_{10}$ Proc.) genügt, um die Farbe merklich zu modificiren. Verschiedene Zellmembranen verhalten sich ganz analog wie Caulerpa und man muss als charakteristisches Merkmal der durchdringbaren organisirten Körper anführen, dass sie verhältnissmässig ganz enorme mechanische Veränderungen erfahren können, ohne dass die denselben entsprechenden optischen Reactionen eintreten. Diese Eigenthümlichkeit wird nicht etwa durch die chemische Natur bedingt, denn Verbindungen, die der Cellulose verwandt sind und eine analoge Zusammensetzung haben, wie Gummi, Dextrin, Zucker verhalten sich wie Glas und wie die Crystalle. Ueberdem ist einleuchtend, dass bei solchen Erscheinungen nur die physikalische Beschaffenheit maassgebend sein kann.

Wenn man eine gerade Zellmembran bis auf einen gewissen Grad biegt oder eine gebogene Membran gerade streckt, so kehrt sie in ihre frühere Gestalt und Lage zurück; sie ist also innerhalb dieser Grenzen vollkommen elastisch; es finden keine dauernden Verschiebungen der kleinsten Theilchen statt. Die gebogene Membran, die ursprünglich gerade war, zeigt, wie ich eben erwähnte, die gleichen Interferenzfarben; nur sind jetzt die einen Aetherdichtigkeitsaxen, statt unter einander parallel, wie die Krümmungshalbmesser gestellt. Es beweist diess, dass innerhalb der Elasticitätsgrenzen keine andern Verschiebungen der optisch wirksamen Elemente vorkommen, als dass sie eine

der stattfindenden Biegung entsprechende äusserst geringe Drehung erfahren.

Die organisirten Körper besitzen also eine Elasticität, welche zum grössten Theil unabhängig ist von der Elasticität oder Aetherdichtigkeit in den optisch wirksamen Elementen. Wir könnten eine Membran künstlich nachbilden, wenn es gelänge, unendlich viele kleine Crystalle mit gleichlaufender Axenstellung durch elastische aus einer isotrop bleibenden Substanz bestehende Bänder oder Charniere zu vereinigen. Eine solche Membran könnte man biegen, auseinander ziehen und zusammen drücken, ohne ihre Interferenzfarbe zu ändern. In gleicher Weise müssen in der wirklichen Membran die optisch wirksamen Elemente untereinander frei sein, etwa wie die Körner in einem Sandhaufen. Denn, wären sie in irgend einer Weise verbunden, etwa wie ein Gefüge von Balken oder wie die Wände der Bienenwaben, so würde Druck und Zug nothwendig die optischen Eigenschaften ändern.

Die optischen Erscheinungen führen also zu dem gleichen Schlusse, den ich bereits früher aus andern physikalischen Erscheinungen gezogen habe (Stärkekörner p. 332). Die organisirten Substanzen bestehen aus crystallinischen, doppelbrechenden (aus zahlreichen Atomen zusammengesetzten) Molecülen, die lose aber in bestimmter regelmässiger Anordnung nebeneinander liegen. Im befeuchteten Zustande ist, in Folge überwiegender Anziehung, jedes mit einer Hülle von Wasser umgeben; im trockenen Zustande berühren sie sich gegenseitig. In der organisirten Substanz ist demnach eine doppelte Cohäsion vorhanden; die eine verbindet die Atome zu Molecülen, in gleicher Weise wie dieselben sonst zusammentreten, um einen Crystall zu bilden; die andere vereinigt die Molecüle. Bei vollkommener Trockenheit wirkt die letztere ziemlich wie die erstere; die organisirte Substanz ist dann spröde und bricht bei geringer Biegung; sie vermindert auch bei mechani-

scher Einwirkung ihre optischen Eigenschaften. Je mehr Wasser dagegen der imbibitionsfähige Körper enthält, desto weniger brüchig ist er (unter übrigens gleichen Verhältnissen) und desto grössere mechanische Veränderungen kann er erleiden, ohne eine Modification in seinen ursprünglichen doppelbrechenden Eigenschaften zu zeigen. — Eine langgestreckte imbibirte Zelle oder eine Faser biegt sich, indem das bewegliche zwischen den Molecülen befindliche Wasser von der comprimirten nach der expandirten Seite hin strömt. Eine andere Veränderung geht dabei nicht vor, als dass die Molecüle hier etwas zusammen, dort etwas auseinander rücken; die Spannung des Aethers in denselben bleibt die gleiche und demgemäss auch die Interferenzfarbe der ganzen Zelle oder Faser.

Dieses allgemeine Resultat, welches aus der Anwendung des Polarisationsapparates auf die vegetabilischen Elementartheile hervorgeht, scheint mir vor der Hand das wichtigste zu sein, das man bei dem Standpunkte der optischen und physikalischen Physiologie erlangen kann. In seinem Gefolge kommen vorzüglich zwei Fragen, deren Beantwortung weiteres Licht über die Molecularbeschaffenheit der organisirten Körper zu verbreiten versprechen: 1) Wie verhalten sich die optischen Eigenschaften bei ungleichem Gehalt an Imbibitionsflüssigkeit? 2) Welche ursächlichen Beziehungen bestehen zwischen der Stellung der Aetherdichtigkeitsaxen der Molecüle und den eingangserwähnten Structurverhältnissen (Schichtung und doppelte Streifung), und womit hängt es zusammen, dass bei den einen Elementartheilen die Axe der grössten, bei den andern die der kleinsten Aetherdichtigkeit senkrecht zur Schichtung gestellt ist?

Was diese letztere Frage betrifft, so gestehe ich, bis jetzt nicht mehr als einzelne unsichere Andeutungen erlangt zu haben. Mit Rücksicht auf die erstere dagegen glaube ich als allgemeines Resultat aussprechen zu können, dass eine organisirte Substanz, welche Imbibitionsflüssigkeit aufnimmt, ihre doppelbrechenden Eigenschaften nie vermehrt sondern in der Regel in stärkerm Maasse vermindert als

es die Zunahme des Querschnitts bedingt. Ich schliesse daraus, dass das zwischen die Molecüle eintretende Wasser zugleich geringe Lage- und Richtungs-Veränderungen derselben hervorruft. Stärkekörner und Zellmembranen, welche durch Säuren, Alkalien, Hitze stärker aufquellen, verlieren mit der Volumenzunahme bald vollständig ihre doppelbrechenden Eigenschaften. Diess harmonirt mit der Annahme, welche ich früher aus andern Gründen gemacht habe, dass wenn eine Substanz in einen bleibenden Zustand stärkerer Quellung übergeführt wird, diess durch ein Zerfallen der Molecüle geschehe. Wenn ein Molecül in eine grössere oder geringere Zahl von Stücken sich spaltet, welche durch zwischeneintretende und umhüllende Flüssigkeit von einander getrieben werden, so finden natürlich Richtungsveränderungen statt, und wenn diese sehr beträchtlich und zahlreich sind, so muss auch das anisotrope Vermögen der Substanz vernichtet werden.

Brücke hat für die Muskelfasern als wahrscheinlich ausgesprochen, dass die Anisotropie derselben von kleinen festen Körpern herrühre, die stärker lichtbrechend als die isotrope Grundsubstanz, in welcher sie eingebettet liegen, und von unveränderlicher Grösse und Gestalt seien; er nennt sie Disdiaklasten. Im Pflanzenreiche kommen ganz ähnliche Erscheinungen vor wie sie die Muskelfasern zeigen, indem z. B. die Schichten einer Zellmembran abwechselnd Interferenzfarben geben und nicht, und indem man selbst einen gleichen Wechsel zwischen den Partieen der gleichen Schicht beobachtet. Allein die chemische Analyse und die Entwicklungsgeschichte erlauben nicht, zwei verschiedene Substanzen zu unterscheiden; sondern es muss angenommen werden, dass die ganze Substanz anisotrop sei, dass aber die optische Reaction mehr oder weniger deutlich hervortrete je nach der Grösse und regelmässigen Anordnung der Molecüle. Eine anfänglich scheinbar einfachbrechende Membranschicht kann daher bei weiterer Ausbildung doppelbrechend werden, wenn die Molecüle sich vergrössern und der Wassergehalt abnimmt.

6) Sphaerocrystalle in Acetabularia.

(Hiezu eine Tafel.)

Bei der Untersuchung von Acetabularia mediterranea vermittelst des Polarisationsmicroscops wurden grosse Körper entdeckt, welche sich durch ihre doppelbrechenden Eigenschaften auszeichneten und bei genauerer Beobachtung sich als eine bisher bei den Pflanzen noch unbekannte Gattung von Elementargebilden auswiesen. Ich will sie ihrer physikalischen Eigenschaften wegen als Sphaerocrystalle bezeichnen.

Die Pflanzen waren im Jahre 1842 in Neapel gesammelt worden, hatten seit jener Zeit in verdünntem Weingeist gelegen und wurden im März 1860 untersucht. In den Strahlen des Schirms, in der Kuppel und in den warzenförmigen Auswüchsen der letztern fanden sich die genannten Sphaerocrystalle bald in grösserer bald in geringerer Menge. In den einen Pflanzen zeigten sie sich ziemlich gleichmässig vertheilt, in den andern waren sie an bestimmten Stellen angehäuft, so namentlich in dem innern, die Kuppel umgebenden Theile des Schirms oder auch in einzelnen Strahlen desselben (Fig. 1).

Die kleinsten (bis etwa 40 Mik. grossen) Sphaerocrystalle sind genau kugelig (Fig. 1, a); die grössern stellen Kugeln dar, von denen ein oder mehrere Stücke abgeschnitten wurden. Besonders häufig sieht man Kugeln, denen ein oder zwei gegenüber liegende Segmente mangeln (b, c), ferner Halbkugeln (d), Kugelsegmente und Sektoren (Fig. 3).

Diese verschiedenen Formen werden sogleich erklärt, wenn man die Entwicklungsgeschichte berücksichtigt. Das Wachsthum geschieht, wie die Schichtung zeigt, durch Auflagerung. Anfänglich sind die Körper kugelig; sie liegen an einer Stelle der Zellwand an und werden hier, da keine Schichten aufgelagert werden, abgeplattet. Desswegen findet man so viele Kugeln von mittlerer Grösse, denen ein Segment mangelt, und grössere von fast halbkugeliger Gestalt. Die Strahlen des Schirms von Acetabularia, in denen sie liegen, sind rectanguläre Prismen und

[redacted]

auf der an die Kuppel grenzenden Seite ziemlich schmal. Ein ursprünglich kugeliger Körper stösst daher zuweilen an die beiden Seitenwände der Zelle an und plattet sich an zwei gegenüberliegenden Stellen ab (Fig. 1, c). Liegt er in einer Kante, so bekommt er zwei ebene, unter einem rechten Winkel sich berührende Flächen und gleicht einem Kugelsektor. Ein grosser Körper kann auch an 3 Zellwände anstossen und auf der einen Seite ziemlich rechteckig erscheinen (Fig. 1, e). So richtet sich also die Form immer nach dem Zellenlumen. Der Radius erreicht bis auf 200 Mik.

Es kommen auch zusammengesetzte Körper vor; diess sind aus 2 und 3 Theilkörpern bestehende Zwillinge und Drillinge (Fig. 2), zuweilen aus mehrern zusammengesetzte, traubenförmige Anhäufungen (Fig. 1, f). Die Theilkörper haben je die Gestalt, welche Kugeln durch gegenseitige Abplattung oder noch eher durch Abschneiden von Segmenten und Aufeinanderpassen erhalten.

Durch Zerreissen der Zellen können die Sphaerocrystalle frei gemacht werden. Im unveränderten Zustande, d. h. wie sie in den Weingeistexemplaren vorkommen oder wenn der Kalk durch verdünnte Salzsäure ausgezogen wurde, erscheinen sie fast wie Oeltropfen oder Stärkekörner, doch mit etwas mehr glasartigem Aussehen. Zuweilen zeigen sie undeutliche, oft aber sehr deutliche Schichtung. Die Schichten haben einen sehr regelmässigen und genau concentrischen, mit der Oberfläche parallelen Verlauf. Das Schichtencentrum liegt in den kleinen kugeligen Körpern im mathematischen Mittelpunkt. In den grössern Kugeln, denen ein oder mehrere Abschnitte fehlen, hat es dem entsprechend eine scheinbar excentrische Lage (Fig. 1, c, e); an solchen Körpern sind nur die innersten Schichten vollständig kreisförmig (resp. hohlkugelig), die äussern sind unvollständig. Ebenso verhält es sich mit den Theilkörnern eines zusammengesetzten Korns (Fig. 2).

Dieser Schichtenverlauf beweist, dass die Sphaerocrystalle durch Auflagerung an der Oberfläche sich vergrössern. So lange sie frei liegen, wachsen sie überall; sie haben eine kugelige

Gestalt und bestehen aus hohlkugelförmigen Schichten. So wie sie aber an die Zellwand oder aneinander anstossen, so hört die Auflagerung an dieser Stelle auf; es bilden sich fortan bloss unvollständige Schichten und es entsteht eine Abplattung. — Ein wichtiger Grund für die Annahme, dass die Stärkekörner durch Intussusception wachsen, wurde in dem Verlauf der Schichten in den Theilkörnern gefunden (Stärkekörner p. 222); dort liegt das Schichtencentrum bei den centrisch-geschichteten Formen in der Mitte des Theilkorns, bei den excentrisch-geschichteten Formen auf der äussern, den übrigen Theilkörnern abgewendeten Seite, und es rückt um so mehr nach aussen, je grösser das Theilkorn wird. Die Sphaerocrystalle verhalten sich gerade umgekehrt; das Schichtencentrum ist dem andern Theilkorn genähert und es entfernt sich um so mehr von der Oberfläche, je länger das Wachsthum dauert (Fig. 3). — Wenn sich zwischen zwei Theilkörnern ein einspringender Winkel befindet, so ist die trennende Linie zwischen denselben fortwährend deutlich. Wird dieser Winkel äusserst stumpf, so erscheinen die später sich auflagernden Schichten dort nicht unterbrochen und die Theilkörner sind von gemeinsamen Schichten umschlossen.

Die Schichten sind in der Regel vollkommen glatt wie Kreislinien (Fig. 1, 2, 3), seltener etwas verbogen (Fig. 4). Sie erscheinen als helle Streifen, welche meist in genau gleichen Abständen voneinander entfernt sind. In den einen Sphaerocrystallen gehen 10, in den andern bloss 5 Schichten auf 25 Mik. — Ausser der concentrischen Schichtung beobachtet man häufig radiale Streifung, welche das nämliche Aussehen zeigt, nur etwas zarter und undeutlicher ist. Dadurch zerfällt die Substanz in Maschen von mehr oder weniger quadratischer Form, wobei die radialen Streifen in den successiven concentrischen Zonen häufig nicht aufeinandertreffen (Fig. 6, wo a-a die Richtung des Radius, b-b der Tangente bezeichnet).

Diess ist die regelmässige Bildung. Ausserdem wurden an Splittern, vielleicht durch Druck hervorgebracht, folgende Abweichungen beobachtet: 1) Die concentrischen Streifen sind

zickzackförmig und das Netz besteht aus ziemlich regelmässigen sechseckigen Maschen. 2) Die Maschen sind in radialer Richtung zu Rhomben verlängert und die concentrische Streifung ist etwas weniger deutlich als die radiale. 3) Die Maschen sind in der Richtung des Radius sehr stark verlängert; von den concentrischen Schichten ist nichts mehr zu sehen. 4) Die radialen Streifen laufen regelmässig oder unregelmässig parallel und sind meistens mehr oder weniger geschlängelt.

Wenn man den Focus auf die Oberfläche einstellt, so zeigt dieselbe ein poröses Aussehen. Man bemerkt zahlreiche kleine röthliche Punkte in gedrängter Stellung und regelmässiger oder unregelmässiger Anordnung. Auch tiefere Einstellungen scheinen das Nämliche zu zeigen, als ob feine radiale Kanälchen (zwischen den radialen Streifen) die Substanz durchzögen.

Die geschichtete Structur der Sphaerocrystalle ist derjenigen der Stärkekörner und der Zellmembranen sehr ähnlich und legt die Vermuthung nahe, dass man es mit einer von Wasser durchdrungenen Substanz zu thun habe, welche abwechselnde dichtere und weichere Schichten bilde. Das Verhalten beim Austrocknen und Wiederbefeuchten beweist indess, dass sie nicht imbibitionsfähig wie organisirte Körper, wohl aber porös wie Tufstein sind. Lässt man sie austrocknen (bei gewöhnlicher Temperatur oder bei 100°), so behalten sie genau die gleiche Grösse und Gestalt. Dagegen werden sie dunkel, indem alle ihre kleinen Maschen sich mit Luft füllen und sind alsdann sowohl bei auffallendem als bei durchfallendem Lichte einer Luftblase nicht unähnlich. Die Schichtung und radiale Streifung werden in dem dunkeln Körper oft noch deutlich gesehen und zuweilen treten sie sogar viel markirter hervor als früher. Ganz anders verhalten sich bekanntlich die Stärkekörner; beim Austrocknen ziehen sie sich zusammen, ihre Schichtung verschwindet und ihre Substanz erscheint hell und weisslich. — Bringt man trockene Sphaerocrystalle in Wasser oder ätherisches Oel, so werden sie plötzlich von demselben durchdrungen, indem sie wieder sowohl ihre Gestalt als ihre Grösse behalten. In Citro-

nenöl erscheinen sie sehr durchsichtig und fast homogen. — Dass die Structur der Sphaerocrystalle im trockenen Zustande am grellsten hervortritt, im Wasser zarter aber bestimmter und im ätherischen Oel undeutlich wird, ergibt sich als natürliche Folge aus dem verschiedenen Lichtbrechungsvermögen zwischen ihrer Masse und dem eingedrungenen Medium.

Was die chemische Zusammensetzung der Sphaerocrystalle betrifft, so kann ich bloss sagen, dass sie aus einer organischen Verbindung bestehen, da sie bei erhöhter Temperatur verkohlen. Im Uebrigen aber zeigt die microscopische Chemie auch hier nur an, was sie Alles nicht sein können, nicht aber was sie wirklich sind. Die Körper werden durch kochenden Alkohol und kochenden Aether nicht aufgelöst, noch überhaupt verändert; ebenfalls nicht durch Essigsäure. Sie verschwinden in Schwefelsäure, Salpetersäure und in verdünnter Aetzkalilösung, wobei sie zuerst in eine homogene gallertartige Masse zerfliessen. In Salzsäure werden sie erst nach einiger Zeit aufgelöst. Wenn man sie in Wasser, das mit Salzsäure angesäuert wurde, einige Tage liegen lässt, so wird die Schichtung zuerst deutlicher und nachher verschwinden sie ebenfalls.

Das Verhalten zu Jod ist in der microscopischen Chemie ein sehr wichtiges Merkmal. Es bezieht sich aber nur auf imbibitionsfähige Substanzen, welche mit dem zwischen ihre Molecüle eingelagerten Jod eigenthümliche Färbungen zeigen. Die Erscheinungen, welche die Sphaerocrystalle darbieten, weichen von den bisher bekannten ab, sind aber solche, wie man sie von einem porösen nicht imbibitionsfähigen Körper erwarten konnte. Uebergiesst man die von Wasser durchdrungenen Körper mit Jodtinctur oder mit Jodkaliumjodlösung, so bleiben sie darin vollkommen ungefärbt; bei längerem Liegen nehmen sie eine gelbliche Farbe an, indem die Lösung durch Diffusion eindringt. Bringt man dagegen trockene Sphaerocrystalle in Jodtinctur, so nehmen sie genau die Farbe derselben an, und zeigen sich, wenn man sie mit einem farblosen Medium umgibt, durch und durch intensiv rothbraun. Alkohol zieht die Jodtinctur ziemlich

rasch aus; die Entfärbung beginnt am Umfange und schreitet nach innen hin fort, woraus hervorgeht dass der ganze Körper mit Jodtinctur durchdrungen war. Wenn man Jod und Schwefelsäure gleichzeitig einwirken lässt, so zerfliesst der Sphaerocrystall, bevor er aufgelöst wird, zu einer farblosen gallertartigen Masse, als ob das Jod nicht vorhanden wäre. Auf gleiche Weise verhalten sich auch die von Jodtinctur durchdrungenen Körper, die man mit Schwefelsäure zusammen bringt. Daraus geht hervor, dass die Jodlösung nur in die Poren eindringt, nicht aber die Substanz selbst färbt. Es ist überflüssig hinzuzufügen, dass Uebergiessen mit Jodtinctur oder mit Jodkaliumjodlösung, Eintrocknenlassen und Wiederbefeuchten keine neuen Erscheinungen hervorruft.

Das Verhalten zu Jod lässt sich demnach so zusammenfassen, dass die Sphaerocrystalle nur durch die in die Poren eindringende Lösung gefärbt werden und den unveränderten Farbenton der letztern wiedergeben.

Die Substanz der Sphaerocrystalle ist sehr brüchig. Schon das Auflegen eines dünnen Deckgläschens reicht hin, um sie in Stücke zu brechen, wobei sich theils radiale theils tangentiale (mit den Schichten parallele) Risse bilden. Die Bruchflächen zeigen häufig aus- und einspringende scharfe mehr oder weniger rechtwinklige Kanten. Bei fortgesetztem Druck geht die Zerklüftung und Zerspaltung immer weiter, bis die Masse in kleine Körperchen zerfallen ist, welche bald eine regelmässige (kurz-stäbchenförmige oder rechteckige) bald eine unregelmässige Form haben.

Unter dem Polarisationsmicroscop zeigen die kugeligen und die auf ihrer flachen Seite liegenden Halbkugeln ein schwarzes orthogonales Kreuz und 4 durch Interferenzfarben erhellte Quadranten wie eine geschmolzene und rasch abgekühlte Glaskugel oder ein Stärkekorn. Wird ein Gypsplättchen (z. B. Roth erster Ordnung) eingeschoben, so findet die Erniedrigung und die Erhöhung der Interferenzfarben in den nämlichen Quadranten statt, wie diess beim Stärkekorn der Fall ist (Fig. 1, d). Die Abschnitte und Ausschnitte von Kugeln verhalten sich wie die

nenöl erscheinen sie sehr durchsichtig und fast homogen. – Dass die Structur der Sphaerocrystalle im trockenen Zustand am grellsten hervortritt, im Wasser zarter aber bestimmte und im ätherischen Oel undeutlich wird, ergibt sich als natür liche Folge aus dem verschiedenen Lichtbrechungsvermögen zwi schen ihrer Masse und dem eingedrungenen Medium.

Was die chemische Zusammensetzung der Sphaerocrystall betrifft, so kann ich bloss sagen, dass sie aus einer organische Verbindung bestehen, da sie bei erhöhter Temperatur verkohlen Im Uebrigen aber zeigt die microscopische Chemie auch hie nur an, was sie Alles nicht sein können, nicht aber was si wirklich sind. Die Körper werden durch kochenden Alkoh und kochenden Aether nicht aufgelöst, noch überhaupt verändert ebenfalls nicht durch Essigsäure. Sie verschwinden in Schwefel säure, Salpetersäure und in verdünnter Aetzkalilösung, wobei si zuerst in eine homogene gallertartige Masse zerfliessen. In Salz säure werden sie erst nach einiger Zeit aufgelöst. Wenn ma sie in Wasser, das mit Salzsäure angesäuert wurde, einige Tag liegen lässt, so wird die Schichtung zuerst deutlicher und nach her verschwinden sie ebenfalls.

Das Verhalten zu Jod ist in der microscopischen Chemi ein sehr wichtiges Merkmal. Es bezieht sich aber nur auf im bibitionsfähige Substanzen, welche mit dem zwischen ihre Mole cüle eingelagerten Jod eigenthümliche Färbungen zeigen. Di Erscheinungen, welche die Sphaerocrystalle darbieten, weiche von den bisher bekannten ab, sind aber solche, wie man sie vo einem porösen nicht imbibitionsfähigen Körper erwarten konnt Uebergiesst man die von Wasser durchdrungenen Körper m Jodtinctur oder mit Jodkaliumjodlösung, so bleiben sie darin voll kommen ungefärbt; bei längerem Liegen nehmen sie eine gelb liche Farbe an, indem die Lösung durch Diffusion eindring Bringt man dagegen trockene Sphaerocrystalle in Jodtinctur, s nehmen sie genau die Farbe derselben an, und zeigen sicl wenn man sie mit einem farblosen Medium umgibt, durch un ch intensiv rothbraun. Alkohol zieht die Jodtinctur ziemlic

rasch aus; die Entfärbung beginnt am Umfange und schreitet nach innen hin fort, woraus hervorgeht dass der ganze Körper mit Jodtinctur durchdrungen war. Wenn man Jod und Schwefelsäure gleichzeitig einwirken lässt, so zerfliesst der Sphaerocrystall, bevor er aufgelöst wird, zu einer farblosen gallertartigen Masse, als ob das Jod nicht vorhanden wäre. Auf gleiche Weise verhalten sich auch die von Jodtinctur durchdrungenen Körper, die man mit Schwefelsäure zusammen bringt. Daraus geht hervor, dass die Jodlösung nur in die Poren eindringt, nicht aber die Substanz selbst färbt. Es ist überflüssig hinzuzufügen, dass Uebergiessen mit Jodtinctur oder mit Jodkaliumjodlösung, Eintrocknenlassen und Wiederbefeuchten keine neuen Erscheinungen hervorruft.

Das Verhalten zu Jod lässt sich demnach so zusammenfassen, dass die Sphaerocrystalle nur durch die in die Poren eindringende Lösung gefärbt werden und den unveränderten Farbenton der letztern wiedergeben.

Die Substanz der Sphaerocrystalle ist sehr brüchig. Schon das Auflegen eines dünnen Deckgläschens reicht hin, um sie in Stücke zu brechen, wobei sich theils radiale theils tangentiale (mit den Schichten parallele) Risse bilden. Die Bruchflächen zeigen häufig aus- und einspringende scharfe mehr oder weniger rechtwinklige Kanten. Bei fortgesetztem Druck geht die Zerklüftung und Zerspaltung immer weiter, bis die Masse in kleine Körperchen zerfallen ist, welche bald eine regelmässige (kurz-stäbchenförmige oder rechteckige) bald eine unregelmässige Form haben.

Unter dem Polarisationsmicroscop zeigen die kugeligen und die auf ihrer flachen Seite liegenden Halbkugeln ein schwarzes orthogonales Kreuz und 4 durch Interferenzfarben erhellte Quadranten wie eine geschmolzene und rasch abgekühlte Glaskugel oder ein Stärkekorn. Wird ein Gypsplättchen (z. B. Roth erster Ordnung) eingeschoben, so findet die Erniedrigung und die Erhöhung der Interferenzfarben in den nämlichen Quadranten statt, wie diess beim Stärkekorn der Fall ist (Fig. 1, d). Die Abschnitte und Ausschnitte von Kugeln verhalten sich wie die

Theile von Kugeln, die in gleicher Lage sich befinden. — Das Kreuz durchbricht die Schichten rechtwinklig und seine Mitte trifft mit dem Schichtencentrum zusammen. Von den Schwingungsebenen geht also die eine parallel der Tangente, die andern zwei parallel dem Radius, und die Axe der geringsten Aetherdichtigkeit (oder der grössten Aetherelasticität) ist radial gestellt. Es bleibt fraglich, ob die concentrischen und die radialen Streifen die gleiche optische Wirkung äussern, oder ob bei entgegengesetztem Verhalten der Ausschlag von den einen oder andern gegeben werde [7].

Zuweilen gelingt es bei vorsichtigem Zerdrücken der Sphaerocrystalle Stücke in Gestalt von Kugelausschnitten zu erhalten. Wenn man ein solches Stück unter dem Polarisationsmicroscop senkrecht stellt, so dass also der Radius mit den durchgehenden Strahlen parallel läuft, und die beiden zur Tangentialebene der concentrischen Schichten rechtwinkligen Schwingungsebenen wirksam werden, so hat man ein orthogonales Kreuz und 4 erhellte Quadranten. Bei Anwendung eines Gypsplättchens ist die Vertheilung der Additions- und Subtractionsfarben die nämliche wie an der ganzen Kugel. Es ist demnach möglich, dass die optisch wirksamen Elemente, aus denen die Sphaerocrystalle bestehen, einaxig und zwar positiv sind, wobei die optische Axe radial gestellt wäre. Der Kugelsektor gibt in der Mitte, wo der Radius senkrecht steht und die Schichten horizontal liegen, keine Farben. Die Interferenzfarben in den Quadranten rühren von der schiefen Stellung her, welche hier die Schichtung hat; sie

---

(7) Es ist nämlich zu beachten, dass die Sphaerocrystalle sich rücksichtlich ihres Baues ganz anders verhalten als die Stärkekörner und Zellmembranen. Bei den letztern ist es nur die Abstraktion, welche zwischen Schichtung und den beiden Streifensystemen unterscheidet, indem die Schichtung sowie jedes Streifensystem für sich die ganze Substanz in Anspruch nimmt. Bei den erstern herrscht zwischen den concentrischen und den radialen Streifen eine materielle Verschiedenheit; nur an den Kreuzungsstellen bestehen sie aus gemeinsamer Substanz.

sind beträchtlich weniger intensiv als z. B. in einer Halbkugel, wo die Schichten zum Theil mit den durchgehenden Lichtstrahlen parallel laufen. — Doch bleibt, wie bei kugeligen Zellen und Stärkekörnern immer auch die Möglichkeit, dass die Elemente der Sphaerocrystalle zweiaxig sind, und dass sie rücksichtlich ihrer tangentialen Dichtigkeitsaxen um jeden Punkt der Kugeloberfläche eine symmetrische Lage haben.

Zum Schlusse füge ich noch zwei Bemerkungen bei, eine über die chemische Zusammensetzung und eine über das crystallinische Gefüge der Sphaerocrystalle von Acetabularia. Was den ersten Punkt betrifft, so wird der einzig sichere Aufschluss durch die macrochemische Untersuchung wohl nie erhältlich sein, da diese microscopischen Körper nur in geringer Menge vorkommen und beim Zerreissen der Zellen nur theilweise mit viel anderm Zelleninhalte frei werden. Es ist nicht wahrscheinlich, dass sie aus einem unlöslichen Kohlenhydrat oder einem Proteinstoffe bestehen, da diese nur im imbibitionsfähigen (nicht im crystallinischen) Zustande bekannt sind. Die Reaction auf Alkohol und Aether schliesst die Möglichkeit aus, dass sie der Gruppe von Fetten und Wachsen angehören. Sie dürften daher aus einem jener nicht wenig zahlreichen Stoffe bestehen, deren microchemische Eigenschaften noch so gut als unbekannt sind.

Mit Rücksicht auf das crystallinische Gefüge scheint aus der microscopischen Untersuchung hervorzugehen, dass die Sphaerocrystalle aus winzigen höchstens 1 Mik. (0,001 M. M.) dicken Nadeln oder Stäbchen zusammengesetzt sind, welche theils eine radiale theils eine zum Radius rechtwinklige Stellung haben und welche, wie Balken zu einem Bau vereinigt, eine sehr poröse Masse bilden. Es ist nicht sicher, ob dieses Gefüge schon mit dem ersten Entstehen einer Schicht an der Oberfläche im fertigen Zustande auftritt, oder ob es durch eine nachträgliche Crystallisation im Innern seine Vollendung erhält. Letzteres dürfte desswegen wahrscheinlich sein, weil kleinere Kugeln in der Regel die concentrische und radiale Streifung weniger deutlich zeigen als grössere und somit ältere.

7) Doppelbrechende Kugeln in der Schale des Apfels.

(Fig. 7 und 8.)

Bei der Untersuchung der Epidermis einer Apfelsorte im April 1860 zeigte das polarisirte Licht die Anwesenheit von doppelbrechenden Kugeln an (Fig. 7, a). Es sind meist genau kreisrunde Körper von 9 — 13 Mik. Durchmesser, die ähnlich wie Oeltropfen und Stärkekörner aussehen. Von Oeltropfen, die daneben in der Epidermis sich befinden (Fig. 7, b), sind sie kaum zu unterscheiden. Sie brechen jedoch das Licht etwas weniger, und wenn sie ganz von Oel umschlossen sind, so erscheinen sie fast wie ein Hohlraum.

Wenn man Alkohol auf das Präparat einwirken lässt, so werden die Kugeln grösser, bis auf das Doppelte ihres ursprünglichen Durchmessers und mehr, und verschwinden hernach. Lässt man zu einem Präparat verdünnte Aetzkalilösung zutreten, so kann man ihr Fortschreiten leicht aus der Färbung der Zellen erkennen; man sieht nun, dass die Körper verschwinden, so wie sie in die Zelle eindringt. Salzsäure löst dieselben nicht auf, färbt sie aber nach einiger Zeit bräunlich-gelb; auch die Oeltropfen nehmen die gleiche Färbung an. Aus diesen Erscheinungen glaubte ich während der Untersuchung entnehmen zu können, dass die Kugeln aus einem Fette bestehen, und es wurden keine weiteren Reactionen vorgenommen. Diess ist mir seither zweifelhaft geworden, aber die Gelegenheit, die Untersuchung zu vervollständigen, mangelte.

Auf dem schwarzen Gesichtsfelde des Polarisationsmicroscops zeigen die Kugeln ein schwarzes Kreuz und 4 weisse Quadranten. Wird ein Gypsplättchen, das Roth der ersten Ordnung gibt, eingelegt, so erscheinen 2 Quadranten gelb oder gelbweiss, und 2 blau oder bläulichgrün; aber die Stellung der Additions- und Subtraktionsfarben verhält sich umgekehrt wie beim Stärkekorn und bei den Sphaerocrystallen von Acetabularia. Die Axe der grössten Aetherdichtigkeit hat daher eine radiale

Stellung. Wenn die Kugeln durch die Einwirkung von Alkohol sich vergrössern, so vermindert sich ihre doppelbrechende Kraft und geht zuletzt verloren. Die bläulichgrünen Additionsquadranten werden blau, indigo, violett und endlich, wenn der Körper sich fast auf das Doppelte seines Durchmessers ausgedehnt hat, roth. Die durch Salzsäure bräunlichgelb gefärbten Kugeln erweisen sich anfänglich noch als doppelbrechend aber in vermindertem Grade; die Interferenzfarben sind natürlich modificirt durch die Farbe des Körpers. Zwei Quadranten erscheinen schmutzig orange (bräunlichgelb und orange), zwei fast schwarz (bräunlichgelb und violett). Nachher verschwindet auch hier die doppelbrechende Kraft. — Wenn man das Präparat einmal eintrocknen lässt und nachher wieder befeuchtet, so wirken nur noch wenige Kugeln undeutlich auf das polarisirte Licht. Das Gleiche ist der Fall, wenn man ein Präparat mehrere Stunden mit Wasser befeuchtet stehen lässt.

Die beschriebenen anisotropen Kugeln wurden nur bei einer Aepfelsorte und nur bei einzelnen Früchten gefunden. Es gab Stellen, wo fast alle Zellen je einen derselben, entweder zugleich mit fettem Oel oder ohne solches, enthielten; Zellen mit zwei oder mehreren dieser Körper wurden nicht beobachtet. An andern Stellen befand sich einer nur je in der zweiten bis vierten Zelle; und noch andere Partieen zeigten sie sehr spärlich.

Die mitgetheilten Beobachtungen lassen die Frage über den innern Bau der doppelbrechenden Kugeln im Apfel noch unentschieden; doch spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass es Sphaerocrystalle wie in Acetabularia sind, d. h. nicht imbibitionsfähige Körper von crystallinischem Gefüge und mit radial und tangential gestellten Aetherdichtigkeitsaxen.

Erklärung der Tafel.

1—6. Sphaerocrystalle von Acetabularia mediterranea.

1 (100). Ein Theil des Schirms neben der Kuppel mit Sphaerocrystallen. a Kugeln. b, c Kugeln, denen Segmente fehlen.

e Körper, deren Kugelfläche nur auf einer Seite ausgebildet ist. f zusammengesetzte Körper. d Sphaerocrystalle unter dem Polarisationsmicroscop auf einem Gypsplättchen Roth I liegend.

2 (180). Aus 3 Sphaerocrystallen zusammengesetzter Körper.

3 (200). Sphaerocrystall von der Gestalt eines Kugelsektors.

4 (2000). Kleiner Sphaerocrystall mit sehr zarten radialen Streifen.

5 (370). Bruchstück eines grössern Sphaerocrystalls.

6 (1000). Kleine Partie aus einem trockenen Sphaerocrystall; die in Fig. 1—5 gezeichneten liegen in Wasser. a–a Richtung der radialen, b–b der concentrischen Streifen.

7, 8 (500). Doppelbrechende Kugeln aus der Epidermis des Apfels, a in Fig. 7. (b–b sind Oeltropfen). In Fig. 8 liegen sie im Polarisationsmicroscop auf einem Gypsplättchen Roth I.



8. Ueber die aus Proteinsubstanzen bestehenden Crystalloide in der Paranuss.

Vorgetragen am 11. Juli 1862.

(Hiezu 2 Tafeln.)

Von Hartig wurde zuerst (Bot. Zeit. 1856 p. 257 und Pflanzenkeim 1858 p. 108) auf crystallähnliche, aus Proteinverbindungen bestehende Bildungen in den Saamen aufmerksam gemacht. Dieselben wurden dann von Holle (Neues Jahrbuch für Pharmacie von Walz und Winkler 1858 X p. 1, 1859 XI p. 338), Radlkofer (Crystalle proteinartiger Körper 1859), Maschke (Bot. Zeit 1859 p. 409) untersucht. Die genannten Beobachter bezeichnen sie als Crystalle, was mit Rücksicht auf die Gestalt seine volle Berechtigung hat. Sie weichen aber, wie ich in den folgenden Mittheilungen zeigen werde, in sehr wesentlichen Merkmalen von den eigentlichen Crystallen ab, und desswegen will ich sie Crystalloide nennen.

Meine Untersuchungen beziehen sich bloss auf die Proteincrystalloide der Paranuss (Saamen von Bertholletia excelsa). Dieselben wurden aus der zerriebenen Substanz des Saamens einmal durch Auswaschen mit fettem Oel und nachherige Behandlung mit Aether, ein anderes Mal durch Auswaschen mit Aether gewonnen. Ausserdem stand mir zur Untersuchung ein Präparat von Maschke zu Gebot, von dem derselbe angibt, dass es durch Crystallisation aus einer gesättigten Lösung künstlich dargestellt sei.

Crystallographische Verhältnisse.

Mit Rücksicht auf die Crystallform der Proteincrystalloide der Paranuss gibt Hartig (Bot. Zeit. 1856 p. 300) an, dass sie Rhomboeder seien, und zwar so scharf wiedergegeben, wie am schönsten isländischen Doppelspath. Radlkofer, der sich genauer und sorgfältiger mit der Crystallform beschäftigte (l. c. p. 63), sagt ebenfalls, dass sie dem hexagonalen System angehöre, und dass der spitze Winkel der Rhomboederfläche ungefähr 60° betrage. Maschke dagegen (Bot. Zeit. 1859 p. 419)

weist sie dem tesseralen System zu; nach ihm kommen die regelmässigsten Octaeder, Tetraeder, aber auch sechsseitige Tafeln und ganz besonders spitze Rhomboeder vor, welche letztern offenbar dadurch aus einem Octaeder entstanden seien, dass zwei gegenüberliegende Octaederflächen durch Wachsen der sie begrenzenden übrigen Flächen verschwanden.

Was zuerst die Annahme Maschke's betrifft, so scheint mir dieselbe unhaltbar. Denn einerseits sind die von ihm erwähnten Tetraeder von andern Beobachtern nicht gesehen worden (ich kann unter einer Unzahl von Crystalloiden keine Andeutung dieser Form auffinden) und das Rhomboeder kommt im tesseralen System nicht vor. Andererseits sind die Crystalloide doppelbrechend und müssen auch aus diesem Grunde einem andern Systeme angehören.

Dagegen lassen sich allerdings die beobachteten Crystallformen ohne genaue Winkelmessungen alle auf das Rhomboeder mit mehr oder weniger weit gehender Abstumpfung der beiden Endecken zurückführen. Manche Crystalle scheinen wirkliche Rhomboeder zu sein (Fig. 2), andere sich nur durch die abgestumpften Enden zu unterscheiden (Fig. 1, 10, 5—9). Bei andern ist die Abstumpfung so weit gegangen, dass sie scheinbar regelmässige Octaeder geworden sind (Fig. 4, 11, 12). Bei noch andern hat die Abstumpfung die seitlichen Ecken überschritten; sie sind Tafeln, an denen man aber noch die Seitenkanten des Rhomboeders sehr deutlich wahrnimmt (Fig. 3, 16). Anderweitige Abstumpfungen kommen nicht vor.

In den citirten Figuren sind die zwei spitzen Enden des Rhomboeders oder deren Abstumpfungsflächen mit a und b bezeichnet. Von den 6 Rhomboederflächen sind je die zwei gegenüberstehenden durch m und n, p und q, r und s angezeigt; m, p und r grenzen an das eine, n, q und s an das andere Ende. In Fig. 1 und 2 ist die Hauptaxe (a-b) horizontal, in Fig. 3 und 4 senkrecht zur Papierebene. — Fig. 5 — 10 stellt das nämliche Crystalloid in verschiedenen Lagen dar. Fig. 5—9 wurden dadurch erhalten, dass die um einen Punkt sich drehende Axe eine zur Papierebene verticale Ebene beschrieb. In Fig. 5

liegt die Axe etwas schief, so dass die eine Endfläche (a) auf der zugekehrten, die andere (b) auf der abgekehrten Seite sich befindet. In Fig. 6 ist die Axe etwas mehr aufgerichtet; die zwei Flächen r und s stehen vertical. Fig. 7 zeigt den Körper in senkrechter Axenstellung; die Fläche a ist horizontal und zugekehrt. In Fig. 8 ist die Axe etwas nach links geneigt; die Flächen n, p, m und q sind senkrecht; auf der zugekehrten Seite befinden sich bloss r und a. In Fig. 9 ist die Axe noch mehr geneigt, so dass die zugekehrte Fläche r horizontal liegt. Fig. 10 endlich befindet sich in horizontaler Axenstellung, ist aber aus der Lage, die Fig. 5 zeigt, 60° um die horizontale Axe gedreht worden. — Fig. 11 und 12 stellen ein Octaeder dar; in Fig. 11 ist eine Ecke zugekehrt; in Fig. 12 stehen 4 Seiten vertical.

Alle genannten Formen lassen sich aber ebenso gut aus einem schiefen rhombischen Prisma mit geringerer oder stärkerer Abstumpfung der beiden spitzen Ecken erklären, und diese Annahme ist aus verschiedenen Gründen die wahrscheinlichere. Doch bemerke ich zum Voraus, dass die Beobachtung mit mehreren, fast nicht zu überwindenden Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Einmal ist wegen der Kleinheit der microscopischen Crystalloide eine vollkommen horizontale Lage der zu messenden Winkel nicht leicht zu controliren. Ferner können die Crystalloide wohl leicht gedreht werden; aber es ist schwer, sie in der gewünschten Lage zu fixiren, und noch schwerer oder beinahe unmöglich, die verschiedenen Seiten der rhomboeder- und octaederähnlichen Formen von einander zu unterscheiden. Endlich verändern sich die Winkel mit dem Medium, in welchem man sie betrachtet; sie zeigen im trockenen Zustande, in Glycerinlösung, in Wasser, in schwachsauren und alkalischen Lösungen etwas ungleiche Werthe. Obgleich viel Mühe und Zeit auf die Untersuchung verwandt wurde, so sind die Ergebnisse doch nicht so befriedigend und entscheidend, als es wünschbar wäre.

Die Winkelmessungen mit einem auf das Ocular aufgesetzten Goniometer ausgeführt, erlauben eine Genauigkeit bis

auf einen Grad. Jeder Winkel wurde mehrmals (3 — 6mal) abgelesen; die Werthe variiren zuweilen nur um 1° (z. B. 63¼ — 64¼°), zuweilen auch um 2° (z. B. 61½ — 63½°), aber bei den grössern gut ausgebildeten Formen nicht um mehr. Nimmt man das Mittel, so ist der mögliche Fehler im erstern Falle höchstens ½°, im zweiten höchstens 1°.

Dass die Crystallform dem klinorrhombischen und nicht dem hexagonalen System angehöre, dafür sprechen folgende Gründe:

1) In den rhomboederähnlichen Formen ist der spitze Winkel aller Rhomben (Fig. 1 δ) etwas grösser als 60°; im trockenen Zustande, in Glycerin und in Wasser wurde er gewöhnlich von 61° bis 65° gefunden. Wäre die Form ein wirkliches Rhomboeder, so müssten, wenn sich dasselbe zum Octaeder abgestumpft hat, die seitlichen Dreiecke einen Winkel zeigen, der grösser, und zwei, die kleiner sind als 60°. Diess ist nicht der Fall; diese Dreiecke haben constant 2 grössere und einen kleinern Winkel; es wurden z. B. als Mittelwerthe gefunden

63°, 63¼° und 54½°
61½°, 62° und 57½°
61°, 62° und 57°.

2) Das Rhomboeder gibt in 3 verschiedenen Stellungen das gleiche klinorrhombische Prisma (Fig. 2, 10). Bei den rhomboederähnlichen Formen der Crystalloide scheint diess nicht genau zuzutreffen. Es gibt ein Prisma, dessen Neigungswinkel ungefähr 75° beträgt, und ein zweites, bei dem derselbe Winkel einige Grade weniger ausmacht.

3) Wenn die Crystalloide Rhomboeder wären, so müssten bei der Einwirkung derjenigen Mittel, welche die relativen Dimensionen und die Winkel verändern, diese Veränderungen an den 6 Rhombenflächen des Octaeders in gleicher Weise eintreten. Diess scheint ebenfalls nicht statt zu haben. Es gibt eine rhombische Fläche, welche im trockenen Zustande und bei der Befeuchtung mit Wasser ihren spitzen Winkel von 63°—65° kaum verändert, während andere ihn um 2°—4½° vergrössern oder verkleinern.

4) Die Abstumpfungsflächen der Rhomboederenden sind

gleichseitige Dreiecke. Bei einigen Crystalloiden schien diess ziemlich zuzutreffen, indem die 3 Winkel der Abstumpfungsflächen wenig von 60° abwichen. In andern dagegen differirten diese Winkel deutlich um 2 — 6 Grade von einander.

Betrachten wir die Crystallform als ein schiefes rhombisches Prisma mit mehr oder weniger weit fortgeschrittener Abstumpfung der spitzen Ecken, so weicht dasselbe allerdings nur wenig von dem Rhomboeder ab. Mit Berücksichtigung aller verschiedenen Messungen können wir folgende Werthe als der Wirklichkeit nahe kommend mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit festhalten. Die Neigung der Säule ist beinahe 58° (Winkel bei a und b in Fig. 2, wenn die senkrecht stehenden Flächen r und s die Endflächen des Prismas sind); die Neigung der Säulenflächen zu einander fast 75° (Winkel bei a und b in Fig. 8); die Neigung der Endfläche zur Säulenfläche 71°, der spitze Winkel der Endflächen $65^1/_4{}^\circ$, derjenige der Säulenflächen $63^1/_2{}^\circ$.

Bei der Entscheidung der Frage, ob die Crystalloide der Paranuss rhomboedrisch oder klinorrhombisch seien, ist noch ein wichtiger Umstand zu berücksichtigen. Die Crystalloide weichen darin von den Crystallen wesentlich ab, dass ihre Winkel viel weniger constant sind. Wenn wir an verschiedenen vollkommen gut entwickelten Crystalloiden, die sich unter gleichen Verhältnissen (z. B. im Wasser) befinden, die nämlichen Winkel messen, so finden wir häufig Abweichungen von mehreren Graden. Ebenso beobachten wir zuweilen, dass die gegenüber liegenden Flächen nicht genau parallel sind, sondern gleichfalls um mehrere Grade differiren. Bei dieser Unbeständigkeit der Winkel könnten wir auch die Crystallform als rhomboedrisch betrachten; nur würde dann die Veränderlichkeit noch grösser. Der Vorzug, den die Annahme der klinorrhombischen Gestalt hat, besteht also nur darin, dass wir dabei die Winkel innerhalb engerer Grenzen variiren lassen müssen, als wenn wir die Crystalloide dem hexagonalen System unterwerfen.

Ich habe bereits erwähnt, dass der gleiche Winkel etwas ungleiche Werthe zeigen kann, wenn das Crystalloid in ver-

schiedenen Medien sich befindet. Damit übereinstimmend ist die Thatsache, dass die Dimensionen einer und derselben Fläche in verschiedenen Medien etwas andere Verhältnisse der Durchmesser darbieten. Vergleichen wir einmal die Crystalloide im trockenen und im durch Wasser befeuchteten Zustande, so bemerken wir sehr oft, dass der nämliche spitze Rhombenwinkel (Fig. 1, δ) beim Eintrocknen grösser wird. Es wurden z. B. folgende Werthe gefunden:

mit Wasser befeuchtet	trocken
60½° — 61¾°	63¼° — 64°
60° — 61°	63° — 63¾°
56½° — 57¾°	60½° — 61°
61½° — 62¼°	64° — 65¾°
60° — 60½°	65½° — 66°.

Dabei wurde nicht darauf gesehen, dass die Fläche, an welcher der Winkel gemessen wurde, genau horizontal lag, wohl aber, dass das Crystalloid beim Eintrocknen und Wiederbefeuchten nicht seine Lage veränderte.

In einzelnen Fällen wurde an dem Winkel einer rhombischen Fläche kein Unterschied zwischen trockenem und befeuchtetem Zustande wahrgenommen; und in einzelnen andern Fällen wurde die entgegengesetzte Veränderung von der vorhin erwähnten beobachtet. Der spitze Winkel war an dem trockenen Crystalloid kleiner als an dem von Wasser durchdrungenen, so z. B.

mit Wasser befeuchtet	trocken
63° — 63¾°	65° — 66°
60° — 61°	63° — 64°
56½° — 57¾°	60½° — 61¼°.

Wenn von Wasser durchdrungene Crystalloide durch Aetzkalilösung etwas mehr aufquellen, so werden die spitzen Winkel der rhombischen Flächen häufig etwas kleiner, z. B.

mit Wasser befeuchtet	in Aetzkalilösung
64° — 65¼°	59° — 60°
62° — 62¾°	57° — 58°.

Auch hier scheint indessen zuweilen das Gegentheil ein-

Zeit. 1859 p. 417 und 419) bleiben einerseits die Crystalloide im Wasser beinahe unverändert; andererseits sollen sie aber in grössern Mengen Wasser rissig werden und ein wenig aufquellen, nach längerer Zeit selbst sich lösen; ferner gibt derselbe an, er habe ein Zerfallen in grössere und kleinere Stücke nur dann beobachten können, wenn das Wasser zwischen Deck- und Objectglas einzutrocknen begann.

Eigenthümliche und nicht constante Wirkungen ruft nach Radlkofer die Essigsäure hervor (l. c. 67); dieselbe löst einen Theil der Crystalloide, lässt aber aus der Lösung schnell eine grumöse Masse fallen; andere verändert sie äusserlich fast gar nicht oder macht sie rundlich aufgequollen und hohl. Maschke dagegen gibt an, dass die Crystalloide der Paranuss auf Zusatz von Essigsäure sofort gelöst werden.

Concentrirte Salzsäure löst nach Radlkofer die Crystalloide rasch, mässig verdünnte Schwefelsäure etwas weniger rasch; in verdünnter Salzsäure werden sie getrübt wie durch Entstehen sehr kleiner Vacuolen; auch in Salpetersäure werden sie rundlich und vacuolig. Bei Behandlung mit Phosphorsäure zeigt sich nach Maschke in der Mitte des Crystalloids ein Hohlraum („eine durchsichtige, das Licht röthlich brechende Stelle“), welcher an Grösse immer mehr zunimmt.

Ammoniak löst die Crystalloide nach Radlkofer und Maschke, ebenso verdünnte Kalilauge nach dem Erstern, Kalkwasser nach Letzterm. Concentrirte Kalilauge macht sie nach Radlkofer rundlich klumpig.

In Glycerin werden nach Radlkofer die meisten Crystalloide nach längerer (24stündiger) Einwirkung gelöst, und zwar ohne erst bedeutend aufgequollen zu sein; einzelne aber bleiben ungelöst.

Jod färbt nach den verschiedenen Beobachtern gelbbraun oder braun; nach Radlkofer zerklüftet es sie zugleich. Das Millon'sche Reagens gibt ihnen eine rothe Farbe. Pigmente werden in grösserer Menge aufgenommen.

Diese Reactionen widersprechen einander nicht nur, sondern sie erscheinen theilweise auch ganz unbegreiflich und man

möchte sagen unmöglich. Ich habe mir nicht die Aufgabe gestellt, die microchemischen Erscheinungen erschöpfend zu behandeln und zu untersuchen, unter welchen Verhältnissen die eine oder andere Wirkung eintritt. Es lag mir vielmehr daran, aus dem verschiedenen Verhalten Aufschluss über die innere Structur der Crystalloide zu bekommen. Ich bemerke daher nur im Allgemeinen, dass die abweichenden Reactionen vorzüglich von drei Ursachen herrühren. Einmal werden sie, wie das auch bei andern durchdringbaren Körpern der Fall ist, durch den Concentrationsgrad des Mittels bedingt, welcher sehr wesentliche Modificationen herbeiführen kann. Ferner bestehen die Crystalloide, wie ich zeigen werde, aus 2 Substanzen von ungleicher Löslichkeit; mit dem Wechsel der relativen Mengen muss auch der ganze Körper seine Eigenschaften modificiren. Endlich scheint auch die Art der Darstellung und Aufbewahrung von Einfluss zu sein; es scheint nicht gleichgiltig, ob die Crystalloide längere Zeit mit Alkohol und Aether in Berührung geblieben sind oder nicht; in der Aufbewahrungsflüssigkeit können Veränderungen vor sich gehen. Meine beiden Präparate verhielten sich bei Zusatz von Glycerin ganz ungleich, obgleich beide vermittelst Aether dargestellt waren. Als ich darauf die Flüssigkeiten untersuchte, reagirte die eine deutlich sauer.

Mit Rücksicht auf die Wirkung des destillirten Wassers weichen meine Beobachtungen von denjenigen meiner Vorgänger ab. Trockene Crystalloide werden von demselben durchdrungen und erfahren demgemäss eine Volumenzunahme. Sonst aber zeigen sie keine Veränderung; es findet weder Lösung noch Zerklüftung und Zerfallen statt, sowohl nach tagelanger Einwirkung als nach dem Austrocknen und Wiederbefeuchten. Meine beiden Präparate, sowie dasjenige von Maschke verhalten sich in dieser Beziehung gleich.

Auch die Reaction von Glycerin und Jod weicht nach meinen Beobachtungen von den erwähnten Angaben ab. Reines Glycerin, sowohl in beträchtlicher Verdünnung als in starker Concentration angewendet, verändert die Crystalloide durchaus nicht. Es durchdringt sie bloss und bringt eine Volumenver-

mehrung hervor, die aber noch viel geringer ist als bei der Durchdringung mit Wasser. Ist dagegen gleichzeitig eine wenn auch nur schwache Säure vorhanden, so treten verschiedene Veränderungen an den Crystalloiden ein, von denen ich in der Folge sprechen werde. Wie ich bereits bemerkte, verhielten sich meine beiden Präparate bei der Einwirkung von Glycerin ungleich. Das eine, welches die saure Reaction zeigte, liess ähnliche Erscheinungen wahrnehmen wie das andere, wenn demselben schwache Säuren beigefügt wurden. Vielleicht ist auch die Angabe Radlkofer's über die Lösung der Crystalloide durch Glycerin auf die nämliche Weise zu erklären.

Jod dringt ein und färbt; aber andere Erscheinungen sehe ich nicht eintreten. Die durch Jod gefärbten Crystalloide sind nach meinen Beobachtungen im Gegentheil gegen andere Mittel viel beständiger geworden; ihre Substanz wird durch die Jodeinlagerung bis auf einen gewissen Grad geschützt, wie das auch mit den durch Jod gebläuten Stärkekörnern der Fall ist.

Ausser von reinem Wasser, Glycerinlösung, Jodlösung, Alkohol und Aether werden die Crystalloide auch von sehr schwachen Säuren nicht verändert. Sogar in concentrirter Essigsäure bleiben sehr viele derselben selbst nach längerer Zeit vollkommen unangefochten. Stärkere Säuren, schwächere Säuren bei gleichzeitiger Einwirkung von Glycerin, sowie alkalische Lösungen bringen dagegen verschiedene Veränderungen hervor. Die leichtesten bestehen in einem Aufquellen, ohne dass die innere Structur wesentlich modificirt wird; andere bewirken zugleich mechanische Trennungen oder verändern die feste und spröde in eine weiche dehnbare Substanz. Die stärkern Veränderungen sind mit partiellen Lösungen verbunden; dabei wird entweder aus allen Punkten ein Stoff von geringerer Widerstandsfähigkeit ausgezogen; oder es werden einzelne Stellen von der Oberfläche aus angegriffen und das Crystalloid zerfällt in Stücke; oder es werden einzelne Stellen im Innern gelöst, und es bilden sich Hohlräume. Endlich findet vollständige Lösung statt.

Bei der leichtesten Einwirkung der angreifenden Mittel quellen die Crystalloide bloss auf; sie vermehren ihr Volumen

mehr oder weniger, während die Crystallform erhalten bleibt. Am schönsten sah ich diess bei gleichzeitiger Anwendung von verdünnten Säuren (z. B. Essigsäure) und Glycerin oder bei der Anwendung von sehr schwacher Aetzkalilauge.

Zuweilen kann man beobachten, wie das quellende Mittel an der Oberfläche eindringt und nach der Mitte hin vorrückt. Wenn das Aufquellen sehr gering ist, so ist diess selbst das einzige Mittel, um die stattfindende Veränderung nachzuweisen. Die Figuren 32—34 zeigen einige Crystalloide, welche in sehr verdünnter Essigsäure lagen und auf welche nachträglich Glycerinlösung einwirkte. Ganz gleiche Formen wurden auch in dem Präparate mit saurer Aufbewahrungsflüssigkeit beobachtet (Fig. 25 — 31). — Die Substanz wird von der Oberfläche aus heller. Die innere unveränderte Masse ist, wie ihr Randschatten zeigt, etwas dichter; sie wird allmählich kleiner und verschwindet zuletzt ganz. Anfänglich hat dieselbe genau die Gestalt des ganzen Crystalloids (Fig. 29, 30, 34) und behält sie oft ziemlich lange, so dass ein kleines Crystalloid in dem grossen liegt (Fig. 25). Später rundet sie sich jedoch meistens ab (Fig. 33). Das Aufquellen der Masse ist in diesen Fällen äusserst gering; die Crystalloide scheinen nach demselben nicht grösser geworden zu sein. Sie können von den unveränderten fast nicht unterschieden werden; durch Jod nehmen sie die gleiche Farbe an.

Das regelmässige Vordringen des Glycerins oder überhaupt der Quellungsflüssigkeit in der Substanz des Crystalloids beweist eine regelmässige überall gleichförmige Structur im Innern. Es regte natürlich die Frage an, ob die Widerstände in den verschiedenen Richtungen ungleich seien und ob das Vorrücken mit ungleicher Geschwindigkeit erfolge. Diess scheint nun allerdings der Fall zu sein. In einigen Fällen drang bei rhomboederähnlicher Gestalt die Quellungsflüssigkeit offenbar von den Abstumpfungsflächen aus langsamer ein als von den übrigen.

In Crystalloiden, welche Spalten besitzen, wird die Substanz auch von der Spaltenoberfläche aus verändert. Ein solches mit einer Querspalte ist in Fig. 32 abgebildet; es verhält

sich wie 2 Crystalloide, indem in jeder Hälfte sich ein dichter Kern befindet. Wenn dagegen zwei Crystalloide einander fest anliegen, und die Quellungsflüssigkeit nicht zwischen sie eindringen kann, so verhalten sie sich wie ein einfacher Körper, und schliessen zusammen eine einzige zusammenhängende dichte Masse ein (Fig. 28). — Selten kommt es vor, dass in einem unverletzten Crystalloid die dichte noch unveränderte Substanz in 2 Partien zerfällt (so in Fig. 31); diess scheint damit zusammen zu hängen, dass, wie ich bereits bemerkte, die Quellungsflüssigkeit von den Abstumpfungsflächen aus langsamer eindringt.

Die Crystalloide können bis auf das Doppelte ihrer Dimensionen sich vergrössern, wobei sie sehr hell und durchsichtig werden, ohne ihre regelmässige stereometrische Form zu verlieren. Die Kanten und Ecken erscheinen oft so scharf, die Flächen so eben wie im unveränderten Zustande. Aber die verschiedenen Dimensionen haben nicht in ganz gleichen Verhältnissen zugenommen; und die Crystallgestalt hat sich etwas verändert, wie ich schon oben angeführt habe.

Bei etwas stärkerer Einwirkung des Quellungsmittels verlieren die Crystalloide mehr oder weniger ihre regelmässige polyedrische Form. Ecken und Kanten runden sich ab. Die innere Structur wird modificirt, die Masse erscheint dehnbarer. Besonders bemerkenswerth ist es, dass jetzt die Substanz an der Oberfläche dichter ist als im Innern. Die weiche aufgequollene Masse ist von einer membranartigen Rinde umschlossen. Diese Membran ist bald sehr zart bald etwas mächtiger, aber immer sehr deutlich. Bei rascher Einwirkung wird sie zersprengt und die innere Masse quillt wolkenartig heraus (Fig. 51, 52). Diese Erscheinungen wurden bei der Einwirkung von Kalilösung und Ammoniak, aber auch bei gleichzeitiger Anwendung von Salzsäure und Glycerin gesehen.

Eine andere Wirkung des ungleichmässigen Aufquellens sind Risse in der Substanz des Crystalloids. Dieselben zeigten sich besonders bei gleichzeitiger Anwendung von verdünnten Säuren und Glycerin, ebenso bei Zusatz einer concentrirten

Glycerinlösung zu dem Präparat, dessen Aufbewahrungsflüssigkeit eine saure Reaction zeigte, endlich bei Anwendung von stärkern Säuren allein. Zuerst erscheinen zarte Streifen auf den Crystalloiden, welche wie Risse aussehen. Dieselben sind meistens unter einander ziemlich parallel und zur Axe der rhomboederähnlichen Formen quer gerichtet. Bald darauf erkennt man sie als deutliche Spalten, die das Crystalloid theilweise oder auch ganz durchbrechen. Dasselbe zerfällt dann in Stücke, welche, besonders wenn eine Bewegung in der Flüssigkeit begünstigend mitwirkt, sich von einander trennen und vertheilen. Offenbar wird dieses Zerklüften und Zerfallen nicht bloss durch mechanische Trennung, sondern auch durch theilweise Auflösung der Substanz hervorgebracht, welche an den durch die Risse blossgelegten Flächen thätig ist. Die sich zerklüftenden und in Splitter zerfallenden Crystalloide zeigen ein kaum bemerkenswerthes Wachsthum durch Aufquellen.

Zuweilen bildet sich zuerst nur eine Spalte, welche sich verzweigt (Fig. 21, 22). Durch weitere Verzweigungen und netzförmige Anastomosen (Fig. 23) wird nach und nach die ganze Substanz zerklüftet und zerfällt in Trümmer. — Es kann auch sogleich ohne vorausgehende Rissebildung ein Zerbröckeln in kleine Körnchen an einer Seite beginnen, und allmählich das Crystalloid ergreifen (Fig. 24).

Ebenfalls eine theilweise Auflösung, aber ganz in anderer Form findet gewöhnlich bei der Einwirkung von verdünnten Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure) statt. Es treten im Innern der Substanz Hohlräume oder Vacuolen auf, bald grössere bald kleinere, bald nur einer oder einzelne wenige, bald zahlreiche (Fig. 45, 46, 47; in Fig. 48 umgeben mehrere kleine Vacuolen einen grössern Hohlraum). Dabei verändert das Crystalloid Form und Grösse nur wenig. Wenn die Vacuolen in grosser Menge vorhanden sind, so erscheint die Substanz in Folge davon dunkel. Zuletzt zeigt das Crystalloid meistens eine einzige grosse Höhlung (Fig. 49, 50)

es hat noch ziemlich seine polyedrische Gestalt und gleicht einer Zelle mit dickerer oder dünnerer Wandung.

Auch schwächere Alkalien bringen oft eine ähnliche Wirkung hervor. Die Figuren 53—55 zeigen drei Crystalloide, die durch Auflösung der innern Masse hohl geworden sind. In Fig. 53 ist die Wandung noch ziemlich dick und hat auf der einen Seite eine Spalte; in Fig. 55 ist dieselbe sehr dünn geworden.

Wenn die Mineralsäuren stärker einwirken, so treten zwar auch Vacuolen im Innern auf. Zugleich findet aber in der Substanz eine Desorganisation statt. Das Crystalloid quillt nur wenig auf, rundet sich ab und besteht aus einer weichen und wie es scheint dehnbaren Substanz.

Eine Form der partiellen Auflösung besteht endlich darin, dass aus allen Theilen des Crystalloids ein Stoff ausgezogen wird. Diese merkwürdige Beobachtung wurde an dem Präparat mit saurer Aufbewahrungsflüssigkeit bei Zusatz von Glycerin gemacht. In sehr verdünnter Glycerinlösung bleiben die Crystalloide unverändert. In concentrirter Lösung werden sie zuerst am Umfange sehr hell; die Veränderung schreitet dann nach innen fort, wobei die eingeschlossene noch unveränderte Substanz viel dichter erscheint und durch ihren stärkern Randschatten sich abhebt; zuletzt sind sie in ihrer ganzen Masse zart und durchsichtig geworden. Fig. 35 — 37 und 40 — 43 zeigen zwei Crystalloide in der fortschreitenden Veränderung. Selten bleibt die unveränderte Substanz, bis sie verschwunden ist, zusammenhängend. Meistens zerfällt sie vorher in einige oder viele Partieen (Fig. 44). Nicht selten geschieht diese Zerklüftung durch Querspalten (mit Rücksicht auf die Axe der rhomboederähnlichen Formen). Zuweilen ist sie ziemlich regelmässig, häufiger mehr oder weniger unregelmässig.

Wenn die Einwirkung vollendet ist, so bleibt ein sehr zarter Körper zurück, von der ursprünglichen crystallähnlichen Form und Grösse (Fig. 37, 38, 43); eine Zunahme der Dimensionen (resp. Aufquellen) findet nicht statt. Kanten und Ecken

sind oft noch ganz scharf; manchmal aber auch haben sich die Kanten etwas gebogen und die Ecken abgerundet. Der Körper erscheint so, als ob er bloss aus einer dünnen Membran bestehe; die eingeschlossene Masse ist in ihrem Lichtbrechungsvermögen vom Wasser nicht verschieden. Doch muss sie eine unlösliche, aber allerdings äusserst weiche Substanz sein, was sowohl aus der sorgfältig erhaltenen Crystallform als aus dem Verhalten zu Jod, welches sie gelb färbt, als auch aus dem Umstande hervorgeht, dass bei der Zerklüftung die Trümmer und Körnchen in ihrer gegenseitigen Lage verharren und weder zusammenstürzen noch überhaupt in Bewegung gerathen, was nur dadurch erklärt wird, dass sie in eine unlösliche Substanz eingebettet sind.

Diese partielle Auflösung der Proteincrystalloide hat die allergrösste Aehnlichkeit mit der Einwirkung des Speichels auf die Stärkekörner. In beiden Fällen wird aus einer Mischung von zwei Stoffen der eine ausgezogen, wobei die Auflösung immer an der Oberfläche der noch unveränderten Masse thätig ist. Der Stoff, welcher zurückbleibt, beträgt nach dem Lichtbrechungsvermögen zu urtheilen, weniger als $^1/_{10}$ der ursprünglichen Masse, und ist, wie schon gesagt, an seinem Umfang deutlich zu einer membranartigen Schicht verdichtet. Jod färbt die unveränderte Substanz gelbbraun mit einem Stich in's Röthliche, die zurückbleibende hellgelb.

Die verschiedenen Erscheinungen der Quellung und partiellen Auflösung können meistens auch, wenn das Mittel energischer oder länger einwirkt, zu vollständiger Lösung führen. Schwache Säuren im Verein mit concentrirter Glycerinlösung, concentrirtere Säuren sowie Alkalien haben oft diesen Erfolg.

Concentrirte Essigsäure für sich allein greift, wie ich schon bemerkt habe, viele Crystalloide gar nicht an. Wenn dagegen gleichzeitig Glycerin auf dieselben einwirkt, so quellen sie auf, werden dabei sehr durchsichtig, und verschwinden zuletzt ganz.

Stark verdünnte Phosphorsäure führt eine eigenthümliche Trübung der Crystalloide herbei, als ob ihre Substanz durch zahlreiche Risse in winzige Splitter zertrümmert sei. Setzt man

hierauf concentrirtere Phosphorsäure hinzu, so quellen sie auf und werden viel heller. Endlich sind sie sehr undeutlich, und bestehen nur noch aus einem äusserst zarten kaum bemerkbaren Skelett, das aber oft noch vollkommen die frühere Crystallform zeigt. Sehr wahrscheinlich wird auch hier eine leichter lösliche Substanz ausgezogen, wie das bei der Einwirkung von concentrirter Glycerinlösung auf die Crystalloide des Präparats mit saurer Aufbewahrungsflüssigkeit der Fall ist. Das zarte Skelett verschwindet bald vollständig. — Bei der Einwirkung anderer Mineralsäuren werden meistens durch Auflösung im Innern zuerst Hohlräume, dann eine einzige grosse Höhlung gebildet, die von einer Hülle umschlossen ist und zuletzt verschwindet auch diese Hülle.

Ammoniak in concentrirterer Lösung löst ebenfalls zuerst die innere Substanz und zuletzt auch die Rinde. Aetzkali dagegen macht das Crystalloid aufquellen und dann verschwinden.

Vergleichung mit den Crystallen.

Die aus Proteinverbindungen bestehenden Crystalloide gleichen in der Formbildung den Crystallen aufs Aeusserste; daher sie auch sogleich von allen Forschern mit diesem Namen begrüsst wurden. Doch zeigt eine genauere Beobachtung, dass die strengen Gestaltsverhältnisse der Crystalle bei den Crystalloiden ziemlich lax werden. Wenn unter ganz gleichen äussern Einflüssen derselbe Winkel um 2° und 3° variiren kann, und wenn bei gut ausgebildeten Formen die gegenüberliegenden gleichwerthigen Flächen zuweilen so weit von dem Parallelismus abweichen, dass es das Auge ohne Goniometer bemerkt, so muss diess wenigstens als ein auffallendes crystallographisches Verhalten bezeichnet werden.

Nicht minder abnorm für die Crystallnatur sind die Gestaltsveränderungen der Crystalloide in verschiedenen Medien. Zwar ist bekannt, dass die Winkel der Crystalle bei dem Steigen und Fallen der Temperatur nicht genau die nämlichen bleiben. Aber es wäre etwas ganz Neues und Besonderes, dass ein trockener

Membran an der Oberfläche, sondern auch noch eine Reih anderer in einander geschachtelter im Innern finden.

Die kleinsten Crystalloide in meinen Präparaten haben di Crystallformen der grössern. In dem Präparat von Maschk dagegen sind die kleinsten alle kugelig; sie können eine ziem liche Grösse erreichen und dabei noch kreisrund (abgeplattet kugelig) sein (Fig. 20). Von diesen Kugeln gibt es alle mög lichen Uebergänge zu den sechsseitigen Tafeln, welche vc 6 Rhomboederflächen und den beiden Abstumpfungsflächen be grenzt sind. Zuerst sieht man 3 Ecken sich an dem Umfang erheben (Fig. 17); zwischen denselben bilden sich dann nac und nach die drei andern aus (Fig. 19, 20). Diese Thatsacl scheint darauf hinzudeuten, dass die Crystalloide zuerst a Kugeln auftreten und allmählich sich zur spätern Crystallfor umbilden. Ist diese Vermuthung, die aber jedenfalls noch dur weitere Beobachtungen bestätigt werden muss, gegründet, ergibt sich ein neuer Unterschied gegenüber den Crystallen, welc auf ganz andere Art entstehen. Auch diese Formveränderung der Crystalloide in den jüngsten Zuständen wären wohl nur dur das Wachsthum vermittelst Intussusception zu erklären.

Diese Vergleichung zeigt uns, dass die aus Proteinsu stanzen bestehenden Crystalloide den Crystallen in der Forr bildung zwar äusserst ähnlich sind, dass sie aber in allen ande wesentlichen Verhältnissen sich von denselben entfernen u dafür genau mit den Stärkekörnern und Zellmembranen übe einstimmen. Namentlich mit Rücksickt auf die mannigfaltig Quellungs- und Auflösungserscheinungen gibt es selbst kei einzige, die nicht auch in ganz analoger Weise bei den Stärk körnern vorkäme. Die Unterschiede zwischen Stärkekörne und Crystalloiden lassen sich wohl alle darauf zurückführ dass bei jenen die innere Organisation durch ein Centrum b dingt wird, bei diesen nicht; dass also bei den erstern Molecularschichten sich concentrisch um einen organischen M telpunkt gruppiren, bei den letztern aber in parallelen du feste Richtungen bedingten Flächen liegen. Da, wie ich für

Stärkekörner wahrscheinlich gemacht habe, der concentrische Bau mit Nothwendigkeit bestimmte Spannungen hervorruft und da aus diesen Spannungen die Differencirung der Substanz in dichte und weiche Schichten sowie die Entstehung von Theilkörnern im Innern herzuleiten ist, so wird es begreiflich, warum diese beiden Merkmale den Crystalloiden mangeln.

Da die Crystalloide sich rücksichtlich derjenigen Erscheinungen, welche durch den innern Bau bedingt werden, wie organisirte Elementarorgane verhalten, so darf man wohl annehmen, dass sie auch in der Molecularconstitution mit denselben übereinstimmen. Sie würden somit aus winzigen crystallähnlichen Molecülen (von denen jedes aber aus einer grossen Anzahl von Atomen zusammengesetzt sein kann) bestehen, welche im trockenen Zustande einander berühren, im befeuchteten aber durch Schichten von Imbibitionsflüssigkeit getrennt sind. Diese Annahme wird auch, wie es scheint, durch das Verhalten der Crystalloide selbst gefordert; denn sie allein gestattet die Möglichkeit, dass dieselben sich auf das Doppelte ihrer Durchmesser ausdehnen und dabei eine vollkommen regelmässige Gestalt behalten.

Auch die Wirkungen, welche die Crystalloide auf das polarisirte Licht äussern, unterstützen die Annahme, dass ihre Molecularconstitution mit derjenigen der organisirten Elementargebilde übereinstimme. Die letztern zeichnen sich alle dadurch aus, dass sie auch in wasserfreiem Zustande viel schwächere doppelbrechende Eigenschaften besitzen als Crystalle von gleicher Mächtigkeit. Diess gilt ebenfalls für die Crystalloide; die Interferenzfarben, welche sie hervorrufen, sind so schwach, dass man sie kaum deutlich wahrnimmt, während gleich grosse Crystalle einer Zuckerart oder irgend eines Salzes sehr lebhafte Färbungen erzeugen.

Das Wesen der Crystalle besteht darin, dass die kleinsten Theilchen nach allen Richtungen in parallelen geraden Reihen, somit nach verschiedenen Richtungen in parallelen ebenen Flächen liegen. Die Folge davon ist die regelmässige Crystallform mit ihren ebenen Begrenzungen und mit ihrer symmetrischen

Vertheilung der Flächen. Die Bedingung dafür besteht darin, dass die kleinsten Theilchen in der nämlichen Richtung die gleichen Molecularkräfte wirksam werden lassen. — In den organisirten Körpern genügen bloss jene unsichtbar kleinen crystallähnlichen Molecüle, aus denen sie bestehen, vollkommen diesen Bedingungen. Die crystallähnlichen Molecüle treten ihrerseits nach bestimmten Gesetzen zusammen und bilden eine Vereinigung höherer Ordnung. Sie können entweder in geraden Linien und ebenen Flächen sich zusammen ordnen, wie in dem Crystalloid und in der ebenen Membran; oder sie können krumme Reihen und gebogene Schichten bilden, wie in der cylindrischen oder ovalen Zellmembran und in dem Stärkekorn. Eine ebene Membran ist von dem Crystalloid nur dadurch unterschieden, dass in jener bloss 2 gegenüber liegende Flächen, in diesem alle Flächen ausgebildet sind. In beiden ordnen sich die crystallähnlichen Molecüle, das Gefüge des Crystalls nachahmend, zwar nahezu aber doch nicht genau in gerade Reihen und ebene Schichten, wie die optische Analyse mit polarisirtem Lichte bei beiden und wie die crystallographische Analyse bei den Crystalloiden zeigt. Da sie unter einander nicht fest verbunden sind und da zwischen ihnen andere Kräfte wirksam werden, als zwischen den Atomen selbst, aus denen sie bestehen, so können sie ferner innerhalb gewisser Grenzen Modificationen eingehen, die dem wirklichen crystallinischen Gefüge fremd sind.

Erklärung der Figuren 1—55.

Crystalloide aus der Paranuss (Bertholletia excelsa).

Fig. 1—12.

Unveränderte Crystalloide in Wasser; 500mal vergrössert. Die spitzen Enden des Rhomboeders oder deren Abstumpfungsflächen sind mit a und b, die Flächen des Rhomboeders mit m, n, p, q, r, s in der Art bezeichnet, dass m und n, p und q, r und s Paare von opponirten Flächen darstellen.

[redacted]

1. Rhomboeder mit leicht abgestumpften Enden und horizontaler Axe; s, m und p liegen auf der zugekehrten Seite.

2. Vollständiges Rhomboeder mit horizontaler Axe, die Flächen r und s stehen senkrecht.

3. Tafel mit auf der Papierebene verticaler Rhomboederaxe; die Endfläche b horizontal, zugekehrt. Auf der zugekehrten Seite befinden sich ausserdem m, p und r, auf der abgekehrten n, q und s.

4. Octaeder, dessen vertical stehender Durchmesser der Rhomboederaxe entspricht. Lage und Bezeichnung wie Fig. 3.

5. Ein abgestumpftes Rhomboeder; die Axe wenig nach rechts aufgerichtet. a, p, m, s auf der zugekehrten, b auf der abgekehrten Seite.

6. Das nämliche Crystalloid wie Fig. 5 mit etwas stärker aufgerichteter Axe. Die Flächen r und s stehen senkrecht. Auf der zugekehrten Seite befinden sich m, p und auf der abgekehrten Seite a, b.

7. Das nämliche Crystalloid mit vertical stehender Axe. a (horizontal), m, p und r auf der zugekehrten Seite.

8. Das gleiche Crystalloid mit etwas nach links geneigter Axe. Die 4 Flächen m, p, n und q stehen senkrecht; r und a auf der zugekehrten, b auf der abgekehrten Seite.

9. Das gleiche Crystalloid mit stärker nach links geneigter Axe. r (horizontal), n, q und a auf der zugekehrten Seite.

10. Das gleiche Crystalloid wie 5—9, mit horizontal liegender Axe und aus der Lage 5 etwas um diese horizontale Axe gedreht.

11. Octaeder mit zugekehrter Ecke.

12. Das gleiche Octaeder mit 4 senkrecht stehenden und 2 zugekehrten Flächen.

Fig. 13, 17—20.

Unveränderte kleinere Crystalloide des Maschke'schen Präparats, in Wasser; 1000mal vergrössert.

13. Tafel mit scharfen Ecken.

17. Tafel mit 3 ausgebildeten und 3 unausgebildeten Ecken.
18. Die gleiche Tafel mit horizontaler Axenstellung.
19. Tafel mit abgerundeten Ecken.
20. Kreisrunde etwas abgeplattete Form.

Fig. 14 — 16.

Ein tafelförmiges Crystalloid aus dem Präparat mit saurer Aufbewahrungsflüssigkeit; 500mal vergrössert.

14. Mit horizontal liegender Axe. In der Mitte befindet sich eine kleine Partie dichterer Substanz.

15. Mit zur Papierebene verticaler Axe.

16. In schiefer Lage; am Umfange sind die Rhomboederflächen sichtbar.

Fig. 21 — 24.

Crystalloide aus dem Präparat mit saurer Aufbewahrungsflüssigkeit, in Glycerinlösung, durch welche sie zerklüftet und zerbröckelt werden; 400mal vergrössert.

21. Rhomboeder mit einer Spalte.

22. Abgestumpftes Rhomboeder mit stärkerer Zerspaltung.

23. Gestutztes Rhomboeder in der gleichen Lage wie Fig. 6, mit weiter fortgeschrittener Zerklüftung.

24. Die eine Hälfte ist in Körnchen zerbröckelt, die andere noch unversehrt.

Fig. 25 — 31.

Crystalloide aus dem Präparat mit saurer Aufbewahrungsflüssigkeit, welche durch dieselbe bis auf eine noch dichte und unveränderte Partie etwas aufgequollen sind; 500mal vergrössert.

25. Rhomboeder; der dichte innere Kern hat ebenfalls eine rhomboedrische Gestalt.

26. Tafel mit horizontal liegender Axe.

27. Die gleiche Tafel wie Fig. 26, von der Fläche. Der innere dichte Kern ist ebenfalls tafelförmig.

28. Zwei zusammenklebende tafelförmige Crystalloide. Das

[redacted]

Körperpaar verhält sich beim Aufquellen wie ein einfacher Körper, der von der Oberfläche aus angegriffen wird.

29. Octaeder; die dichte Substanz hat die gleiche Form.

30. Fast zum Octaeder abgestumpftes Rhomboeder; die dichte Substanz von gleicher Gestalt.

31. Rhomboeder (wie Fig. 10); die dichte Substanz bildet 2 Partieen in der Nähe der beiden Ecken.

Fig. 32 — 34.

Crystalloide in verdünnter Essigsäure, welcher dann Glycerin zugesetzt wurde; 500 mal vergrössert. Das Quellungsmittel dringt von der Oberfläche aus ein.

32. Rhomboeder (wie Fig. 10), mit einer durchgehenden den Abstumpfungsflächen parallelen Spalte, von welcher das Quellungsmittel gleich wie von der Oberfläche aus eingedrungen ist. In jeder Hälfte befindet sich ein dichter Kern.

33. Rhomboeder (wie Fig. 1); dichter Kern im Innern von länglich ovaler Form.

34. Rhomboeder (wie Fig. 10); die dichte Masse im Innern hat ebenfalls eine rhomboedrische Form.

Fig. 35 — 44.

Crystalloide aus dem Präparat mit saurer Aufbewahrungsflüssigkeit, bei der Einwirkung von concentrirter Glycerinlösung; 500 mal vergrössert.

35. Ein octaedrisches Crystalloid, die Auflösung hat am Umfange begonnen.

36. Das gleiche, etwas später.

37. Das gleiche Crystalloid, nachdem die dichte Substanz vollständig ausgezogen ganz ist.

38. Ein tafelförmiges Crystalloid (wie Fig. 3), aus welchem die lösliche Substanz ganz ausgezogen ist.

39. Die Einwirkung hat in abnormaler Weise stattgefunden, und die lösliche Substanz grösstentheils aus der innern

Masse ausgezogen, eine äussere Schicht aber noch unverändert gelassen.

40. Ein rhomboedrisches Crystalloid (wie Fig. 10); die Einwirkung hat am Umfange begonnen.

41. Das nämliche etwas später.

42. Das nämliche noch später.

43. Das gleiche Crystalloid, nachdem die lösliche Substanz ganz ausgezogen ist.

44. Ein Crystalloid, in welchem die dichte unveränderte Substanz in mehrere durch Spalten getrennte Partieen sich geschieden hat.

Fig. 45 — 50.

Crystalloide in Wasser, durch den Zutritt von Salzsäure verändert; 500 mal vergrössert.

45. Octaeder (wie Fig. 12), mit einer kleinen Vacuole im Centrum.

46. Zur Tafel abgestumpftes Rhomboeder (wie Fig. 3) mit mehreren zerstreuten kleinen Hohlräumen.

47. Octaeder (wie Fig. 11) mit zahlreichen zusammengedrängten Hohlräumen im Innern.

48. Octaeder (wie Fig. 12) mit einem grossen Hohlraum in der Mitte und mit kleinen Vacuolen um denselben.

49. Rhomboeder (wie Fig. 10) mit einer sehr grossen Höhlung, und dadurch einer dickwandigen Zelle ähnlich geworden.

50. Rhomboeder (wie Fig. 1) mit einer sehr grossen Höhlung, einer Zelle mit mässig dicker Wandung ähnlich.

Fig. 51 — 52.

Crystalloide im Wasser, bei Zutritt von Glycerin und Salzsäure; 500 mal vergrössert. Die innere starkaufquellende Masse zersprengt die dichtere Rinde und tritt als eine feinkörnige Wolke heraus.

51. Rhomboeder.
52. Gestutztes Rhomboeder.

Fig. 53 — 55.

Crystalloide in Wasser, durch Zutritt von Ammoniak verändert; 500mal vergrössert.

53. Octaeder mit einem Hohlraum im Innern und einer Spalte.

54. Abgestumpftes Rhomboeder mit einer sehr grossen Höhlung, einer dickwandigen Zelle ähnlich.

55. Rhomboeder (wie Fig. 2) mit einer sehr grossen Höhlung, einer dünnwandigen Zelle ähnlich.

9. Farbcrystalloide bei den Pflanzen.

Ich habe früher (Pflanzenphysiolog. Untersuch. I, p. 6) gefärbte crystallinische Körper beschrieben, welche ich im Jahr 1850 und 1851 in den Blumenblättern von Viola und Orchis aufgefunden hatte. Dieselben waren bald ovale oder unregelmässige Körner, bald auch ziemlich schöne Crystalldrusen. Sie wurden schon durch Wasser aufgelöst und liessen dabei eine weissliche protoplasmaartige Masse von fast gleicher Grösse und Gestalt zurück.

Die Untersuchung der Früchte von Solanum americanum Mill. gab Gelegenheit ähnliche Körper in besserer Crystallbildung zu beobachten. Die Früchte waren halb vertrocknet (sie wurden im März untersucht). In den grossen Zellen des Fruchtfleisches befanden sich Crystalle und Crystalldrusen von intensiver violetter Färbung, bald einzeln bald zu mehrern beisammen. Ich will zuerst deren Gestalt, nachher die chemischen Reactionen beschreiben.

Die einzelnen Crystalloide sind alle äusserst dünne Tafeln. Einzelne sind regelmässige Rhomben oder Rhomben mit abgestutzten Ecken (Fig. 58), oder solche mit einspringenden Ecken (Fig. 57). Eine grosse Zahl besteht aus 6seitigen bis 75 Mik.

grossen Tafeln (Fig. 59) mit gleichen oder alternirend ungleichen, oder opponirt gleichen oder unregelmässig ungleichen Seiten. Ebenfalls eine grosse Zahl besteht aus 6 seitigen Tafeln mit einspringenden meist stumpfen, selten spitzen Winkeln. Wenige Tafeln sind 4- und 5 seitig.

Vergleicht man alle diese Formen miteinander, so unterliegt wohl keinem Zweifel, dass die Crystallform die rhombische Säule in sehr verkürzter tafelartiger Gestalt ist. Die stumpfen Winkel der rhombischen Endfläche betragen durchschnittlich 120°; die Messungen geben 118° — 122°. Die 6 seitigen Tafeln sind aus mehreren einfachen Tafeln zusammengesetzt, ähnlich wie beim Aragonit, zuweilen vielleicht aus 3, meistens wohl aber aus 6. Die Winkel betragen in der Regel ebenfalls zwischen 118° und 122°, selten sind 2 gegenüberstehende Winkel kleiner (113° — 114°). Es wurden z. B. für die mit a — . bezeichneten Ecken durch Messung gefunden

	a	b	c	d	e	f
1	122°	118½°	121¼°	119½°	120°	121°
2	122°	118°	119°	119½°	122°	120°
3	119°	120½°	121°	119°	118°	122°
4	119°	118°	121°	121¼°	120½°	119°
5	120°	122°	118°	120½°	119°	121°
6	119°	120°	119°	122°	121½°	119°
7	114°	121¾°	124½°	114½°	122¼°	124°
8	113°	122¾°	124¾°	113¼°	121¼°	124¼°.

Da diese Messungen alle an schön ausgebildeten Tafeln mit geraden Seiten angestellt wurden, so kann der Fehler nicht mehr als 1 Grad betragen. Wiederholte Messungen des nämlichen Winkels geben bei den besten Tafeln z. B. 118° — 119° 121° — 121¾°, bei den weniger guten 119° — 121° oder 120° — 122°. Für die Tafeln 1 — 6 könnte man nun zur Noth einen constanten Winkel von 120° supponiren; doch müsste man damit der Genauigkeit der Messungen schon einigermassen Gewalt anthun. Für 7 und 8 aber wird diese Annahme offenbar

ganz unmöglich. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Winkel des Rhombus wohl meistens 120° und 60° betragen, dass sie aber auch bis 113° und 67° oder bis 124° und 56° variiren können.

Dass die 6 seitigen Tafeln aus mehreren und zwar vorzugsweise aus 6 einfachen zusammengesetzt sind, zeigt sich namentlich aus Formen wie Fig. 61 deutlich, wo 6 radiale Trennungslinien, ebenso viele Einkerbungen an den Ecken und eine durchbrochene Stelle im Centrum die Entstehung anzeigen. — Von den 4- bis 5 seitigen Tafeln haben jene 1, diese 2 rechte Winkel; sie sind wahrscheinlich Bruchstücke von zusammengesetzten Tafeln.

Das polarisirte Licht wirkt nicht auf die Crystalloide; d. h. es bringt ohne Gypsplättchen keine Veränderung in der Helligkeit, mit Gypsplättchen keine Veränderung im Farbenton hervor.

Die Crystalldrusen sind ein Conglomerat von vielen Tafeln. Man sieht diess häufig sehr deutlich an den vorspringenden flachgedrückten Ecken, welche bald einen Winkel von ungefähr 60°, bald von ungefähr 120° bilden. Es gibt einzelne Drusen, die aus einem Bündel von parallelen Tafeln bestehen; einzelne, die aus zwei solchen Bündeln, die sich unter einem spitzen Winkel kreuzen, gebildet sind. Wenn man die letztern dreht, so zeigen sie in der einen Lage ein Kreuz, in den übrigen Lagen erscheinen sie rundlich. Weitaus die meisten Crystalldrusen sind mehr oder weniger kugelig (Fig. 56), die Ecken springen überall vor, und eine bestimmte Lagerung der Tafeln ist hier nicht zu erkennen.

Mit Rücksicht auf die chemischen Reactionen ist zuerst zu erwähnen, dass die Crystalloide in reinem Wasser unverändert bleiben, während sie in schwach-saurem oder schwach alkalischem Wasser ihren Farbenton ändern.

Alkohol entfärbt die meisten Crystalloide, indem sich um dieselben eine violette Wolke in der Flüssigkeit ausbreitet. Wenn die Einwirkung sehr langsam auf die 6 seitigen Tafeln statt hat, so sieht man in denselben zuerst farblose Streifen von keilförmiger Gestalt und scharfer Begrenzung auftreten. Die-

selben sind im Allgemeinen wie Radien gestellt (Fig. 62). Die vollständige Entfärbung trifft zuerst das Centrum (Fig 65). Das letzte Stadium zeigt noch kurze radiale Streifen oder auch nur Punkte mit violetter Farbe längs des Randes (Fig. 63). Es bleibt eine sehr durchsichtige Masse zurück, die zuweilen noch ziemlich die polyedrische Gestalt des frühern Crystalloids hat, meist aber mehr rundlich und kleiner ist. Ihre Begrenzung ist sehr zart; Jod färbt sie braungelb (Fig. 64). Es ist ohne Zweifel eine Proteinverbindung. — Aether wirkt wie der Weingeist.

Sehr schwache Säuren verändern die Farbe der Crystalloide in ein helles lebhaftes Roth, greifen dieselben aber nicht weiter an. Wenn sie in den Zellen eingeschlossen sind, so wird zuerst die violette Zellflüssigkeit roth, und kurze Zeit nachher zeigen auch die Crystalloide diese Färbung. Stärkere Säuren wirken ähnlich wie Alkohol. Es verbreitet sich eine rothe Wolke um das Crystalloid, und es bleibt, wenn die Auflösung langsam geschieht, eine geringe Menge von protoplasmaartiger Substanz zurück. Dieselbe ist aber aufgequollen, äusserst weich und zart, oft kaum in der umgebenden Flüssigkeit erkennbar. Befindet sich die letztere in schwacher Bewegung, so wird die halbflüssige Schleimsubstanz in die Länge gezogen und zuweilen in Stücke getheilt. Ich sah sie selbst einmal in der bewegten Flüssigkeit abwechselnd in verschiedener Richtung sich verlängern, auf ähnliche Weise wie die Sarcode ihre Gestalt ändert.

Wenn die Einwirkung der Säure sehr langsam eintritt, so sieht man wie beim Alkohol zuerst farblose linienförmige Streifen auftreten, welche in den 6seitigen Tafeln meistens radial gestellt sind, zuweilen aber auch andere Richtungen zeigen. Bei ganz regelmässigem Verlauf gehen zuerst 6 Streifen vom Mittelpunkt nach den Ecken. In den rhombischen Tafeln laufen sie in der Regel parallel und schneiden die Makrodiagonale unter einem rechten oder spitzen Winkel. Diese Streifen beginnen zuweilen im Innern, häufiger jedoch am Umfange. Es sind wahre Spalten, durch welche die Masse des Crystalloids in

stäbchenförmige Stücke zerfällt, die dann durch Querspaltung wieder in kleinere sich theilen. Diese Stücke liegen in der aufgequollenen Schleimsubstanz des Crystalloids, bis sie vollständig verschwinden.

Wenn die Säure concentrirter oder wenn die Flüssigkeit in Bewegung ist, so bleibt die schleimartige Substanz nicht beisammen, sondern vertheilt sich in der Flüssigkeit. Die Stücke, in welche das Crystalloid zerfällt, trennen sich dann von einander und schwimmen frei herum. Dabei kann die Auflösung entweder von dem ganzen Umfange aus oder von einer Seite her erfolgen. Von dem Crystalloid bleibt in diesem Falle zuletzt gar nichts unter dem Microscop Erkennbares übrig.

Die verschiedenen Säuren weichen darin von einander ab, dass sie mehr oder weniger energisch wirken. Es wurde Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Phosphorsäure und Essigsäure angewendet. Die stärkern Säuren bringen eine mehr hellrothe, die schwächern eine mehr violettrothe Färbung hervor. Schwefelsäure, Salpetersäure und Essigsäure lösen die Crystalloide sogleich auf. Ziemlich concentrirte Salzsäure und Phosphorsäure verursachen bloss einzelne radiale farblose Streifen, und lassen viele Crystalloide selbst nach längerer Einwirkung ganz unverändert.

Manche Crystalloide werden durch Alkohol nicht aufgelöst; es genügt ein wenig Salzsäure beizufügen, um die Auflösung sogleich zu bewirken. Wenn man die halbvertrockneten Beeren in Alkohol legt, so färbt sich dieser bloss grün und das Gewebe bleibt schwarz; setzt man etwas Salzsäure zu, so nimmt er sogleich eine schöne rothe Farbe an und das Gewebe wird hell.

Aetzkalilösung reagirt wie die stärkern Säuren. Die Crystalloide färben sich blau, dann werden sie zerspalten und aufgelöst, indem sich eine kleine Wolke um dieselben verbreitet. Es bleibt kein von der Flüssigkeit unterscheidbarer Rest übrig, sei es, dass die schleimartige Proteinsubstanz gelöst oder in ihrer stärkeren Vertheilung unsichtbar wird.

Kochendes Wasser wirkt wie Säuren und Alkalien; die

Crystalloide verschwinden, nachdem sie zuvor vorzugsweis durch radiale Spaltung in Stäbchen und dann in kleine Körn zerfallen sind.

Aetherisches Oel greift die trockenen Crystalloide nicht an auch Chloroform bewirkt an denselben keine Veränderung.

Aus den mitgetheilten Thatsachen ergibt sich 1) dass d Farbcrystalloide durchdringbar sind. Wenn auch eine Contrac tion beim Eintrocknen, eine Expansion beim Wiederbefeuchte nicht direct beobachtet wird, so folgt die Nothwendigkeit dies Annahme doch aus der Thatsache, dass die Farbe verände werden kann. Einmal geht der Auflösung meist eine Modifi cation in der Färbung voraus; durch Säuren wird das Viole in Roth, durch Alkalien in Blau umgewandelt. Andererse nehmen in Berührung mit Jodlösung die Crystalloide ein dunklern schmutzigen, ins braun gehenden Ton an. Das i natürlich nur dadurch möglich, dass die Alkalien und Säur so wie das Jod in die Substanz derselben eindringen.

2) Aus der Thatsache, dass die Crystalloide in Säuren u Alkalien selbst nicht aufquellen, wohl aber nach erfolgter R action eine aufgequollene Schleimsubstanz zurücklassen, welc ein grösseres Volumen einnimmt als das ganze unveränder Crystalloid, folgt, dass nur diese proteinartige Substanz, d gleichsam die Unterlage bildet, imbibitionsfähig ist, und dass dieselbe lösliche aber nicht quellungsfähige Stoffe eingelagert sin

3) Die Schleimsubstanz, welche nach Einwirkung von A kohol, Aether und Säuren, von einem Crystalloid übrig bleib ist äusserst zart und im Lichtbrechungsvermögen fast de Wasser gleich. Insofern diese optische Eigenschaft einen Ve gleich zwischen gefärbten und farblosen Körpern erlaubt, möch ich vermuthen, dass die Proteinunterlage nicht mehr als $^1/_{10}$ d Masse des Crystalloids beträgt. Die Farbstoffe sind gewöhnli in äusserst geringer Menge vorhanden und doch im Stande ei sehr intensive Färbung hervorzubringen. Das grün gefärb Protoplasma, dem man das Chlorophyll entzieht, behält d gleiche Volumen und die gleiche Dichtigkeit; es hat durch d

Entfärbung offenbar bloss einen unmerklichen Verlust an Masse erfahren. Wenn sich der violette Farbstoff der Beeren wie das Chlorophyll verhält, so muss man annehmen, dass mit demselben noch eine andere Substanz vorhanden sei, welche vorzugsweise den Körper des Crystalloids bildet. Dafür spricht auch eine andere Thatsache. Der Farbstoff der Beeren ist in kaltem Wasser löslich. Aus den Crystalloiden wird er aber nicht einmal durch schwache Säuren ausgezogen. Diess wäre geradezu unerklärlich, wenn wir annehmen, es bestehen $^{9}/_{10}$ derselben aus Farbstoff. Ist der letztere aber mit einer andern Substanz verbunden, so wird er durch dieselbe vor der Einwirkung des Wassers und der schwachen Säuren geschützt und mit derselben von stärkern Mitteln gelöst.

Diese Annahmen erklären, wie ich glaube, zur Genüge die verschiedenen Reactionen. Das Farbcrystalloid besteht aus $^{1}/_{10}$ durchdringbarer eiweissartiger Verbindung und $^{9}/_{10}$ einer nicht imbibitionsfähigen Substanz mit etwas Farbstoff. Die letztere verhindert fast alle Quellungserscheinungen, sie gestattet der Proteinunterlage des Crystalloids nur eine sehr geringe Menge Flüssigkeit aufzunehmen, und schützt den Farbstoff vor der Lösung. Ist sie durch ein Lösungsmittel sammt dem letztern ausgezogen, so kann die Proteinunterlage ihren angestammten Neigungen folgen; mit Alkohol und Aether zieht sie sich etwas zusammen; mit Säuren quillt sie mehr oder weniger auf; mit Alkalien vertheilt sie sich stark oder löst sich auf.

Die Farbcrystalloide in den Blumenblättern von Viola und Orchis unterscheiden sich von denen in den Beeren von Solanum americanum durch geringere Beständigkeit, indem schon in kaltem Wasser die in die protoplasmaartige Unterlage eingelagerte Substanz sammt dem Farbstoff ausgezogen wird. Vielleicht hängt damit auch der Unterschied in der Gestalt zusammen, welche darin besteht, dass die Körper in den Blumenblättern eine grosse Neigung zu rundlichen Formen zeigen und selten als ausgebildete Crystalldrusen auftreten.

Die Farbcrystalloide von Solanum verhalten sich im All-

gemeinen analog wie die Crystalloide der Paranuss. Beide bestehen aus einer durch verschiedene Mittel ausziehbaren Substanz und einer protoplasmaähnlichen Unterlage. Bei beiden tritt die letztere gegenüber der erstern quantitativ sehr zurück. Die Verschiedenheit zwischen den Crystalloiden von Solanum und Bertholletia besteht in der Natur des ausziehbaren Stoffes; bei Bertholletia ist es eine imbibitionsfähige Proteinverbindung, bei Solanum eine nicht imbibitionsfähige wahrscheinlich stickstofflose Verbindung, die durch einen Farbstoff tingirt ist. Diese chemische und physikalische Verschiedenheit bedingt die in mancher Beziehung ungleichen Reactionen, welche die einen und andern Crystalloide bei der Einwirkung von Quellungs- und Lösungsmitteln zeigen.

Erklärung der Figuren 56—65.

Farbcrystalloide in den Früchten von Solanum americanum Mill.; 400mal vergrössert.

56. Crystalldruse von fast kugeliger Gestalt.

57. Rhombische Tafel mit einspringendem Winkel.

58. Rhombische Tafel mit abgestumpften Ecken.

59. 6seitige Tafel.

60. Zwei 6seitige Tafeln mit einander verwachsen.

61. Eine in der Mitte durchbrochene und deutlich aus 6 einzelnen Crystallen verwachsene Tafel, durch schwache Salzsäure roth gefärbt.

62. Ein Farbcrystalloid bei der ersten Einwirkung von Alkohol.

63. Das nämliche etwas später.

64. Das gleiche Crystalloid, nachdem der Farbstoff und die andern löslichen Stoffe vollständig ausgezogen sind, durch Jodtinctur gefärbt.

65. Ein Farbcrystalloid zum Theil durch Alkohol entfärbt.

[redacted]

10. Die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. I. Theil.

(Vorgetragen am 13. Dec. 1862.)

Es ist schon lange bekannt, dass die Zellmembranen durch Behandlung mit gewissen Mitteln in einen Zustand übergeführt werden können, in welchen sie durch Jod sich wie Stärkemehl indigoblau färben. Aber man ist noch streitig darüber, wie diese Mittel wirken, und was die blaue Reaction des Jod für eine Bedeutung habe.

Schleiden, der Entdecker der Thatsache, dass Holz und verschiedene andere Zellgewebe, wenn dieselben entweder nach Kochen mit Aetzkali oder sofort mit Schwefelsäure und Jod behandelt werden, eine rothe bis blaue Farbe zeigen, nahm an, dass die Holzfaser in Stärkekleister umgewandelt werde (Wiegmann's Archiv 1838 und Pogg. Ann. 1838).

Die entgegengesetzte Ansicht hat darauf H. v. Mohl zu begründen gesucht. Nachdem schon Meyen, Schleiden und Dickie gefunden hatten, dass einzelne Zellmembranen sich ohne Weiters durch Jod blau färben, beobachtete Mohl ferner, dass manche andere nur einer sehr geringen Einwirkung bedürfen, um die gleiche Reaction zu zeigen. Er zog daraus den Schluss, dass die Entwicklung einer blauen Farbe der Zellmembran an und für sich zukomme und bloss auf der Aufnahme einer gehörig grossen Menge von Jod beruhe. Dasselbe ertheile der Zellmembran, je nach der Menge, in welcher es von ihr aufgenommen werde, sehr verschiedene Farben (von Gelb und Braun durch Violett bis Blau). Die Farbe hänge indess auch von der Beschaffenheit der Membran selbst ab, indem die weichern und zähern Membranen schon bei geringen Mengen von Jod eine violette oder blaue Reaction zeigen, indess die härteren und sprödern gelb oder braun werden und erst, wenn eine grosse Menge von Jod auf sie eingewirkt habe, eine blaue Farbe annehmen (Flora 1840).

Payen zeigte, dass alle Zellmembranen, nachdem sie mit

verschiedenen Reinigungsmitteln behandelt, und von den sogenannten incrustirenden Substanzen befreit worden, aus der nämlichen Verbindung bestehen und durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt werden (Mém. sur le développ. des végét. 1844).

Die gleichzeitigen Untersuchungen Mulder's führten diesen Forscher zu einem etwas anderen Resultate. Nach demselben bestehen bloss die jugendlichen Zellwände aus Cellulose, die älteren Wandungen dagegen sind grösstentheils aus andern Verbindungen zusammengesetzt, da sich dieselben durch Jod und Schwefelsäure nicht blau färben (Versuch einer physiolog. Chemie 1844).

Payen und Mulder stimmen darin mit einander überein, dass reine Cellulose durch Jod und Schwefelsäure eine blaue Färbung annehme. Dieser Ansicht sind die Chemiker und zum Theil die Pflanzenphysiologen gefolgt, wobei zuweilen ausdrücklich angenommen wurde, dass Cellulose durch Schwefelsäure in Amylum oder in Amyloid umgewandelt werde.

In Folge einer neuen Reihe von Beobachtungen bildete Mohl seine frühere Theorie theils weiter aus, theils modificirte er dieselbe einigermassen. Reine Cellulose soll sich durch Jod und Wasser allein, wie das Stärkemehl, indigoblau färben. Er ist geneigt, anzunehmen, dass, wo diese Blaufärbung nicht eintritt, die Einlagerungen fremdartiger Substanzen dieselbe hindern, indem, wenn die verunreinigenden Materien durch geeignete Mittel (Aetzkali oder Salpetersäure) entfernt würden, die Reaction durch Jod und Wasser unmittelbar erfolge (bot. Zeit. 1847, Grundzüge der Anat. und Physiolog. der vegetab. Zelle 1851).

Bei meinen Untersuchungen über die Stärkekörner fand ich, dass, nachdem der Speichel denselben die sich durch Jod bläuende Substanz (Granulose) entzogen hat, eine Substanz übrig bleibt, die als reine Cellulose zu betrachten ist, und die sich durch Jod und Wasser nicht, wohl aber bei gleichzeitiger Einwirkung von Schwefelsäure blau färbt. Damit verglich ich die andere Thatsache, dass manche Zellmembranen mit Jod keine blaue Färbung zeigen, diese Reaction aber eintreten las-

sen, nachdem sie eine Behandlung erfahren haben, die man nicht als Reinigung in Anspruch nehmen kann. Daraus zog ich den Schluss, dass die Cellulose an und für sich durch Jod allein keine blaue Färbung annehme, dass sie aber durch verschiedene Mittel eine Veränderung ihrer Molecularconstitution erfahre und in Granulose übergeführt werde (Stärkekörner 1857).

Gegen diese Darstellung suchte Mohl geltend zu machen, dass der von den mit Speichel behandelten Stärkekörnern übrig bleibende Stoff nicht Cellulose, sondern eine neue Verbindung sei, für die er den Namen Farinose vorschlug (Botan. Zeitg. 1859).

Die bisherigen verschiedenen Ansichten über die Eigenschaften der Cellulose und über die Reaction des Jod auf die Stoffe der Cellulosegruppe entspringen sowohl abweichenden thatsächlichen Beobachtungen als ungleichen Folgerungen aus den gleichen Beobachtungen. Es zeigt sich vielleicht bei wenigen pflanzenphysiologischen Fragen schlagender, wie die allergeringste Abweichung von der exacten Methode oder von der logischen Folgerung zu unrichtigen Ergebnissen führen kann.

Das Jod ist aber für die microscopische Chemie unzweifelhaft das wichtigste Reagens, und bei der jetzigen Unsicherheit in der Anwendung, bei den widersprechenden Angaben kann dasselbe beinahe als unbrauchbar bezeichnet werden. Erst wenn festgestellt ist, unter welchen Bedingungen eine bestimmte Reaction immer eintritt und unter welchen Umständen sie immer ausbleibt, wird das Jod zum untrüglichen Mittel, um chemische oder physicalische Zustände zu prüfen und zu beurtheilen. Ich beabsichtige keine erschöpfende Behandlung und beschränke mich auf die Erledigung einiger Fragen.

I. *Verwandtschaft des Jod zu verschiedenen Substanzen.*

Es ist bekannt, dass eine offenstehende wässerige Jodlösung sich entfärbt. In einem flachen Uhrglas findet die Ent-

färbung der gesättigten Lösung in der Dunkelheit und bei Zimmertemperatur schon innerhalb 12 Stunden statt. Dieses entfärbte Wasser verändert blaues Lacmuspapier nicht; eine Bildung von Jodwasserstoffsäure hat also nicht oder nur in äusserst geringer Menge statt gefunden. Das meiste Jod ist durch Verdunstung entwichen.

In einem engen Probirröhrchen geht die Entfärbung der gesättigten wässerigen Jodlösung sehr langsam vor sich. Nach 12 Stunden war bloss eine oberflächliche Schicht von einer Linie Dicke farblos geworden. Nachdem das offene Probirröhrchen 16 Tage lang im Zimmer gestanden hatte, war die Flüssigkeit bloss etwa drei Linien tief entfärbt. Von da abwärts nahm die Färbung zu und zeigte auf dem Grunde nahezu die ursprüngliche Intensität. Ausser der Verdunstung war der Abgang des Jod auch auf Rechnung von Säurebildung zu setzen, wie das geröthete Lacmuspapier bezeugte.

Wenn man gesättigte wässerige Jodlösung kocht, so geht die Entfärbung viel rascher von statten, indem sowohl die Verdunstung als die Säurebildung sich steigert. Die farblos gewordene Flüssigkeit in einem Probirröhrchen reagirt deutlich sauer. [1]

Eine hinreichende Menge von Stärkemehl oder Stärkekleister entfärbt die wässerige Jodlösung. Lässt man aber in Wasser befindliche Jodstärke in einem offenen Gefässe stehen, so wird sie ihrerseits farblos, ohne dass das Wasser sich färbt. Die Erklärung dieser Thatsache liegt auf der Hand.

Die Stärke entzieht nämlich der wässerigen Jodlösung nicht ganz alles Jod; der Rest wird von dem Wasser energisch festgehalten. Das Wasser hat zu dieser geringen Menge von Jod eine grössere Verwandtschaft als die Stärke. Diese geringe

---

(1) Gesättigte weingeistige Jodtinctur behält beim Kochen ihre anfängliche intensive Färbung, ein Beweis, dass der Weingeist und das Jod fast im gleichen Verhältniss verdunsten. Erst vor vollständigem Verdampfen wird der geringe Rest der Flüssigkeit heller und besteht grösstentheils aus Wasser.

Menge von Jod hat aber eine noch grössere Neigung zu verdunsten und Säuren zu bilden, als in Lösung zu bleiben. Ein Theil desselben geht also durch Verdunstung und Säurebildung verloren; das Wasser ersetzt den Verlust, indem es eine demselben entsprechende Menge der Jodstärke entzieht. Es ist klar, dass dieser Process so lange fortdauern muss, bis die Jodstärke all ihr Jod verloren hat.

Es gibt also einen bestimmten Concentrationsgrad, welcher die Grenze für die Verwandtschaft des Jod zu Wasser und zu Stärke anzeigt, in der Meinung, dass unter diesem Concentrationsgrad das Wasser der Stärke, über demselben die Stärke dem Wasser das Jod zu entziehen vermag. Bei der Färbung und Entfärbung der Jodstärke bildet das Wasser das Mittel für die Bewegung der Jodtheilchen. Wenig Wasser, das mit metallischem Jod in Berührung ist, kann eine grosse Menge von Stärke bläuen; wenig Wasser, das der Verdunstung eine freie Oberfläche darbietet, kann eine grosse Menge von Jodstärke entfärben.

Die Grenze der Verwandtschaft, von der eben gesprochen wurde, ändert sich mit der Temperatur. Es ist bekannt, dass Jodstärke beim Erhitzen farblos wird. Dies gab Payen (Ann. sc. nat. 1838) die Veranlassung zu der Annahme einer farblosen Jodstärke (iodure d'amidon invisible directement). Neuerdings wurde von Baudrimont die Entfärbung aus der Verflüchtigung des Jod herzuleiten versucht. Die allein richtige Erklärung hat Schönbein (in diesen Sitzungsberichten 1861. II. 143) gegeben. Beim Erwärmen wird das Jod von dem Wasser der Stärke entzogen und beim Erkalten wieder an dieselbe abgegeben. Bei höherer Temperatur wird also der flüssige Jodstärkekleister nicht eigentlich entfärbt, wie man gewöhnlich sagt, sondern vielmehr entbläut; er wird braungelb und beim Sinken der Temperatur wieder blau.

Dass es wirklich keine farblose Jodstärke gebe, geht aus folgenden zwei Thatsachen hervor. Wenn man Jodstärke mit überschüssigem metallischen Jod zu heftigem Kochen erhitzt und das Kochen unterhält, so entwickeln sich Joddämpfe. Die

Jodstärke behält aber trotz der hohen Temperatur ihre unveränderte blaue Farbe, so lange Joddämpfe entweichen. Hören dieselben auf, so tritt die Entbläuung ein. Die Concentration der Jodlösung nimmt, wenn kein metallisches Jod mehr vorhanden ist, rasch ab und das Wasser entzieht nun der Jodstärke das Jod. Die Entbläuung der Jodstärke in Wasser, das kein Jod gelöst enthält, geht selbst bei einer Temperatur, die weit unter der Siedhitze liegt, vor sich.

Die zweite Thatsache ist folgende. Wenn man durch Jod gebläuten Stärkekleister mit Wasser in einem Glase erhitzt, so wird der Kleister farblos und das Wasser gelb. Bereitet man nun eine wässerige Jodlösung von möglichst gleichem Farbenton und gibt eine gleiche Menge von Kleister hinein wie in dem ersten Glas, so färbt sich derselbe genau so intensiv blau als der Kleister in dem ersten Glas beim Erkalten. Diess beweist die Unmöglichkeit der Annahme, dass beim Erwärmen ein Theil des Jod in Lösung und der andere mit Stärke in farbloser Verbindung bleibe; eine Annahme, zu der man allerdings aus dem Grunde leicht verführt wird, weil eine gleiche Menge von Jod dem Wasser eine viel weniger intensive Färbung verleiht als dem Stärkekleister.

Ich bemerke noch, dass die blaue Farbe der Jodstärke beim Erhitzen gewöhnlich durch Grün in die gelbe Farbe der Jodlösung übergeht, und dass umgekehrt beim Erkalten der Uebergang durch den nämlichen grünen Ton stattfindet. Derselbe wird hervorgebracht durch das Gemenge von blauer Jodstärke und gelber Jodlösung.

Das gegenseitige Verhalten von Wasser, Jod und Stärke bei verschiedenen Temperaturen lässt sich also so ausdrücken. Mit der steigenden Temperatur steigt die Löslichkeit des Jod; während die gesättigte Jodlösung bei gewöhnlicher Temperatur gelb ist, wird sie gegen die Siedhitze hin braunroth. Mit der steigenden Temperatur erhebt sich ferner der Concentrationsgrad, welcher die Grenze für die Verwandtschaft von Jod zu Wasser und Stärke bildet. Wässerige Jodlösung, in welche man Stärke bringt, vermag bei gewöhnlicher Temperatur so we-

nig Jod zurückzuhalten, dass sie farblos erscheint; nahe der Siedhitze hält sie so viel davon fest, dass sie eine braungelbe Farbe zeigt. Wenn man Jodstärke bei verschiedenen Temperaturgraden durch so viel Wasser entfärbt, dass noch etwas Jodstärke unzerlegt übrig bleibt, so entspricht jedem höheren Wärmegrad eine intensivere Färbung der Lösung. Bei gewöhnlicher Temperatur geschieht die Entfärbung der Jodstärke nur sehr langsam, weil das Wasser derselben so äusserst wenig Jod entzieht; bei der Siedhitze geht die Entbläuung rasch vor sich, weil das Wasser viel Jod zu lösen vermag, und weil das letztere durch Verdunstung und Säurebildung rasch verloren geht.

Es ist begreiflich, dass die Entbläuung auch bei der Siedhitze nicht eintreten kann, so lange metallisches Jod vorhanden ist, weil dieses fortwährend in Lösung übergeht, und weil in Folge dessen der Concentrationsgrad nicht so weit sinken kann, dass die Anziehung der Lösung zum Jod der Jodstärke grösser würde, als die der Stärke selbst. Sobald das metallische Jod aufgelöst ist, nimmt die Concentration der Lösung ab, erreicht dann denjenigen Grad, wo das Jod der Stärke entzogen wird und vermindert sich immer mehr, indem die Flüssigkeit heller gefärbt und zuletzt ganz farblos wird. Beim Erkalten bleibt jetzt auch die Stärke ganz farblos. Unterbricht man aber den Process vor dem Farbloswerden der Flüssigkeit, so färbt sich beim Erkalten die Stärke nach Massgabe der in ihr noch enthaltenen Menge freien Jods. Ist sie hellgelb gefärbt, so wird sie beim Erkalten blassblau.

Die Thatsache, dass mit der Temperatur auch der Concentrationsgrad wechselt, welcher die Grenze für die Verwandtschaft von Jod zu Wasser und zu Stärke bildet, macht es erklärlich, dass eine um so geringere Menge von Jod in der Flüssigkeit durch Stärke sich nachweisen lässt, je niedriger die Temperatur ist. Es ist dies eine Erscheinung, auf die Fresenius (Ann. Chem. Pharm. 1857. CII. 184) hingewiesen und die er durch Zahlen festgestellt hat.

Analoge Erscheinungen, wie sie durch Stärke mit Jod und

Wasser bei verschiedenen Temperaturen hervorgerufen werden, zeigen sich, wenn man bei gleicher Temperatur verschiedene Substanzen, welche ungleiche Verwandtschaft zu Jod haben, mit Jodlösungen zusammenbringt. Diese ungleiche Verwandtschaft gibt sich darin kund, dass in schwacher Lösung die eine Substanz vor der andern gefärbt wird.

In dem Werke über die Stärkekörner (Pag. 187) habe ich bemerkt, dass die Stärke aus einer schwachen Lösung das Jod aufnimmt, ehe die Cellulose nur die geringste Färbung zeigt. Ferner dass an unveränderten Weizenstärkekörnern die innere Substanz bei schwacher Einwirkung von Jod blau gefärbt wird, indess die Rinde noch fast ganz farblos erscheint.

Im zweiten Hefte der Beiträge zur wissenschaftlichen Bot. (Ueber das angebliche Vorkommen von gelöster und formloser Stärke bei Ornithogalum) habe ich angeführt, dass in den Epidermiszellen von Ornithogalum die allmähliche Einwirkung von Jod zuerst die Stärkekörner der Spaltöffnungszellen, dann die aus Protoplasma bestehenden Gebilde und zuletzt eine fragliche Substanz, die in der Zellflüssigkeit gelöst ist, gefärbt werden; und dass die Verwandtschaft zu Jod in gleicher Reihenfolge abnehme. Ferner, dass die allmähliche Entfärbung in umgekehrter Folge eintrete. Bei Zygnema und Spirogyra nehmen zuerst die Stärkekörner, dann die fragliche in der Flüssigkeit gelöste Substanz und zuletzt das Protoplasma das Jod auf.

Diese Beispiele liessen sich noch bedeutend vermehren. Ich bemerke, dass in einer schwachen Jodlösung Stärkemehl sich früher färbt als geronnenes Hühnereiweiss, und dass darauf im Wasser das braungelbe Eiweiss vor der blauen Stärke entfärbt wird. Im Stärkekleister sowohl von Kartoffel- als von Weizenstärke wird zuerst die granulirte Masse, nachher die geschichteten Hüllen gefärbt: dagegen entfärben sich die letztern vor der erstern. Aufgequollene Kartoffelstärkekörner werden durch Jod früher blau als die unveränderten. Wenn Kartoffelstärkemehl mit Kartoffelstärkekleister vermischt wird, so färbt sich durch wenig Jod nur der letztere. Kartoffel- und Weizenstärkekörner zeigen die Reaction auf Jod früher als

Stärkekörner aus der Ingwerwurzel. Vom Weizenstärkemehl werden die grösseren linsenförmigen Körner vor den kleinen polyëdrischen gefärbt und diese früher als jene entfärbt. In einem Gemenge von Dextrinlösung und Stärkekleister nimmt der letztere das Jod zuerst auf und verliert es zuletzt wieder. Die cuticularisirten Schichten der Epidermiszellen färben sich vor den anderen Membranen.

Am leichtesten sind diese Versuche anzustellen, wenn die verschiedenen Substanzen in einer Zelle eingeschlossen sind, weil die Zellmembran das Jod nur allmählich eintreten lässt. Ist diess nicht der Fall, so mengt man sie auf dem mit einem Tropfen Wasser benetzten Objectträger unter einander und legt ein oder einige Stückchen metallisches Jod dazwischen. Durch Diffusion breitet sich die Jodlösung sehr langsam aus und man beobachtet, dass von zwei neben einander liegenden ungleichen Körpern immer der eine zuerst gefärbt wird. Man kann das Präparat unbedeckt lassen oder ein Deckgläschen darauf legen. Man kann auch das Präparat, bevor man die Jodsplitter dazu gebracht hat, mit einem Deckgläschen bedecken, und jene dann dicht an den Rand des letztern bringen.

Der Versuch gelingt oft sehr leicht. Wenn man z. B. Weizenstärke bis zum Sieden erhitzt, einen Tropfen des flüssigen Kleisters auf einen Objectträger bringt, und einen Jodsplitter hineinlegt, so beobachtet man unter dem Microscop eine schön blaue Farbe um denselben sich ausbreiten. Die feinkörnige blaue Masse ist aber zuerst durch rundliche oder etwas unregelmässige farblose Räume unterbrochen. Es sind dies die aufgequollenen noch geschichteten (nicht desorganisirten) Hüllen, welche erst dann langsam anfangen, sich violett zu färben, wenn die umgebende Masse intensiv blau geworden ist.

In andern Fällen, z. B. wenn es sich um verschiedene Stärkesorten handelt, muss die Verbreitung der gelösten Jodtheilchen äusserst langsam erfolgen, um ein deutliches Resultat zu geben. Diess geschieht dadurch, dass man die Stärkekörner in dem Tropfen Wasser, in welchem ein kleiner Jodcrystall liegt, weit von dem letzteren entfernt, da natürlich mit der

grössern Entfernung die Menge der Jodtheilchen abnimmt, welche in der Zeiteinheit sich durch einen gegebenen Querschnitt der Flüssigkeit bewegen.

Ein anderes sehr empfehlenswerthes Mittel besteht auch darin, dass man die verschiedenen zu prüfenden Stärkemehlarten in Wasser bringt, in welchem eine durch Jod gefärbte Substanz (z. B. Dextrin oder Eiweiss) gelöst oder vertheilt ist, die zu Jod eine geringere Affinität hat. Die Stärkekörner entziehen ihr um so langsamer das Jod, je geringer der Ueberschuss ihrer eigenen Verwandtschaft zu Jod ist.

Das Entfärben der von Jod durchdrungenen Substanzen geschieht auf dem Objectträger in einem freien oder bedeckten Tropfen Wasser, oder in einem offenen Gefäss, aus dem hin und wieder Proben unter dem Microscop geprüft werden. Man kann statt des Wassers auch Flüssigkeiten oder Lösungen anwenden, welche eine grössere Menge Jod auflösen und daher den Entfärbungsprocess beschleunigen.

Es gibt bei der Färbung und Entfärbung der Stärkekörner durch Jod einige bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten, welche durch die ungleiche Verwandtschaft der verschiedenen Schichten zu Jod sich erklären. Wenn das Jod äusserst langsam in Kartoffelstärkekörner eindringt, so färbt es zuerst die innere celluloseärmere Substanz, während die cellulosereichere Rindensubstanz noch fast ungefärbt bleibt. Beim Entfärben beobachtet man die nämliche Erscheinung; viele Körner sind im Innern gefärbt und aussen farblos. Dringt auf einmal eine etwas grössere Menge von Jodtheilchen in das Stärkekorn ein, so färbt dieses sich überall gleichzeitig; es ist dies der häufigste Fall. Wenn endlich das Stärkemehl mit einer concentrirten Jodlösung in Berührung kommt und also sehr viele Jodtheilchen auf einmal in ein Korn eintreten, so erscheint die peripherische Schicht bereits intensiv gefärbt, während die innere Masse noch fast farblos ist. Im ersten Fall kann die innere Substanz wegen ihrer grösseren Affinität die spärlich eintretenden Jodtheilchen der Rinde vollständig entziehen, während im letzteren Fall bei der langsamen Diffusionsbewegung

nur ein kleiner Theil der eintretenden Jodmenge in der kurzen Zeit bis ins Innere vorzudringen vermag.

Wir können also rücksichtlich der Färbung durch Jod als Regel aufstellen:

dass von mehreren neben einander liegenden Substanzen diejenige, welche die grössere Affinität zu Jod hat, dasselbe um so schneller einer schwachen Lösung entzieht;

ebenso, dass von mehreren neben einander befindlichen und durch Jod gefärbten Körpern derjenige, welcher die geringste Affinität zu Jod hat, dasselbe auch zuerst verliert.

Die Erklärung ergibt sich aus dem früher Angeführten. Die verschiedenen Substanzen, welche wie die Stärke Jod einlagern, haben ungleiche Verwandtschaft zu demselben. Da nun die Energie, mit welcher das Wasser oder eine andere Flüssigkeit das gelöste Jod festhält, mit der steigenden Concentration abnimmt, so muss es auch für jede Substanz einen anderen Concentrationsgrad der Lösung geben, der für sie in absteigender Richtung die Grenze bildet, über welche hinaus sie der Lösung kein Jod zu entziehen vermag.

Setzen wir den Fall, es lägen im Wasser drei verschiedene durchdringbare Stoffe A, B und C neben einander (z.B. Stärkemehl, unlösliche Proteinkörper und gewisse Zellmembranen). In das Wasser wird etwas metallisches Jod gebracht, welches sich allmählich löst. Hat die Lösung diejenige Concentration überschritten, welche der Grenze für die Verwandtschaft des Körpers A zu Jod entspricht, so fängt der letztere an, Jod einzulagern; er entzieht fortwährend diejenige Menge, welche über der Grenzconcentration in Lösung tritt. Hat der Körper A eine gewisse Menge Jod eingelagert, so nimmt er dasselbe mit geringerer Energie auf. Die Concentration der Lösung steigt und erreicht denjenigen Grad, welcher der Grenze für die Affinität des Körpers B zu Jod entspricht. Ist dieselbe überschritten, so nimmt auch dieser Jod auf; und später folgt bei einer noch höheren Concentration der Körper C nach.

Die Entfärbung zeigt die analogen Erscheinungen in umgekehrter Folge. Der Flüssigkeit, in welcher die gefärbten Substanzen liegen, wird Jod entzogen, z. B durch Verdunstung von Jod in die Atmosphäre, durch Säurebildung oder durch Bildung irgend einer Jodverbindung. Sinkt die Concentration der Lösung unter denjenigen Grad, welcher der Grenze für die Affinität des Körpers C entspricht, so wird diesem letztern das Jod entzogen, später dem Körper B, zuletzt dem Körper A

Es ist selbstverständlich, dass diese successive Färbung und Entfärbung verschiedener Substanzen nur dann zu beobachten ist, wenn die Concentration der Jodlösung sehr langsam steigt oder fällt, so dass sie sich einige Zeit zwischen je zwei Grenzen zu halten vermag. In einer sehr concentrirten Lösung färben sich alle Substanzen gleichzeitig, sowie sie in einem Strome von reinem Wasser oder in einer Flüssigkeit, welche Jod chemisch bindet (Kalilösung, Ammoniak, Eiweiss etc.) fast gleichzeitig farblos werden.

Wenn die für die ungleichzeitige Färbung und Entfärbung verschiedener Substanzen gegebene Erklärung richtig ist, so muss auch

ein Körper, der eine grössere Affinität zu Jod hat, einem andern mit geringerer Affinität das in demselben eingelagerte Jod entziehen.

In der That ist diess der Fall. Ich will zuerst die betreffenden Beobachtungen anführen, und hernach ein Wort zur Beurtheilung derselben beifügen.

Legt man durch Hitze coagulirtes Hühnereiweiss in wässrige Jodlösung, so färbt sich dasselbe allmählich durch und durch braun. Bringt man es nun in ein verschlossenes mit Wasser und Stärke gefülltes Gefäss, so verlässt das Jod langsam das Eiweiss und färbt die Stärke. Wenn man dagegen den umgekehrten Weg einschlägt und coagulirtes Eiweiss in Wasser legt, in welchem Jodstärke enthalten ist, so bleibt die letztere unverändert und das Eiweiss färbt sich nicht.

Dextrinlösung färbt sich durch Jod schön weinroth bis

dunkelroth. Stärkemehl, welches man in hinreichender Menge zufügt, entfärbt sie vollkommen, und bildet einen blauen Bodensatz. Durch eine neue Menge von Jod wird die rothe Farbe hergestellt, durch neues Stärkmehl die abermalige Entfärbung bewirkt. — Kocht man Kartoffelstärkemehl mit verdünnter Schwefelsäure und unterbricht den Process, wenn die grössere Hälfte Stärke sich in Dextrin verwandelt hat, so bewirkt ein Tropfen Jodlösung eine rothviolette Trübung, indem sich Dextrin und suspendirte Stärke gleichzeitig färben. Die Farbe geht aber bald in Blauviolett und Indigoblau über, indem das an Dextrin gebundene Jod sich weiter verbreitet und vollständig an die Stärke abgegeben wird. Man kann den Versuch mehrmals mit gleichem Erfolg wiederholen.

Die Fruchtschicht von Flechten (Usnea) wurde zerquetscht und durch Jod intensiv blau gefärbt, darauf mit Kartoffelstärkemehl in ein mit Wasser gefülltes Probirröhrchen gebracht, das mit einem Kork verschlossen wurde. Nach einiger Zeit waren die Lichenenschläuche farblos und dafür das Stärkemehl gefärbt. — Das Flechtenfruchtlager in gleicher Weise mit mässig blauer Jodstärke zusammengebracht, bleibt ungefärbt.

Baumwolle wurde durch Jod und Schwefelsäure intensiv blau gefärbt, dann mit Kartoffelstärkemehl in einem verschlossenen Raum in Wasser gelegt. Nach einigen Tagen waren die aufgequollenen Baumwollenfäden völlig farblos geworden; das Jod war an die Stärkekörner übergegangen und hatte dieselben gefärbt. Die Entbläuung der Baumwolle wurde nicht etwa durch den Umstand veranlasst, dass das Wasser derselben die Schwefelsäure entzogen hatte; denn auf Zusatz von Jod färbte sie sich wieder intensiv blau. — Den nämlichen Versuch stellte ich mit gleichem Erfolg bei Filtrirpapier an, welches durch Jod und Schwefelsäure zuerst blau gefärbt, dann durch Kartoffel- und Weizenstärkemehl entfärbt wurde.

Bei der Beurtheilung dieser Thatsachen ist zweierlei hervorzuheben:

1) dass, wenn einem in Wasser liegenden Gemenge von verschiedenen Substanzen Jod in geringer

Menge geboten wird, dieses nicht etwa nach Massgabe der Verwandtschaft sich vertheilt, sondern vollständig von dem Körper aufgenommen wird, welcher die grösste Affinität hat;

2) dass das Jod eine unlösliche Verbindung verlässt, um mit einer andern Substanz, zu welcher es eine grössere Affinität hat, ebenfalls eine unlösliche Verbindung zu bilden.

Beides erklärt sich durch das früher erörterte Affinitätsverhältniss von Jod zu Wasser und zu verschiedenen imbibitionsfähigen Substanzen. Von drei Körpern A, B, C, von denen A die grösste, C die geringste Affinität zu Jod hat, sei B durch eingelagertes Jod gefärbt, A und C ungefärbt. Alle drei werden zusammen in Wasser gelegt. Dieses entzieht dem Körper B so viel Jod, dass dadurch die Concentration der Lösung erreicht wird, welche der Grenze für die Affinität von Jod zu Wasser und zum Körper B entspricht. Dieser Lösung vermag der Körper C kein Jod zu entziehen, weil er nur in einer concentrirteren Lösung sich färbt; er bleibt also farblos. Der Körper A dagegen, für welchen eine geringere Concentration die Grenze für seine Affinität zu Jod bildet, entzieht der Lösung so lange Jod, als diese Grenzconcentration nicht eintritt. Sie kann aber nicht eintreten, so lange der Körper B noch gefärbt ist und somit an Wasser Jod abgeben kann. So färbt sich demnach A, indessen B seine Farbe verliert.

Es ist also, wenn diese Erklärung richtig ist, nicht nothwendig, dass die beiden Körper, von denen der eine dem andern das eingelagerte Jod entzieht, sich unmittelbar berühren. Sie können selbst weit von einander entfernt sein, wenn sie nur in derselben Flüssigkeit liegen. Eine interessante Bestätigung liefern Versuche, welche ich mit lebenden Spirogyrenzellen anstellte. Wenn man dieselben in Wasser legt, in welchem sich irgend ein durch Jod gefärbter Körper, mit Ausschluss von Stärke befindet, so verlässt das Jod den letzteren und färbt die Stärkekörner in den Spirogyrenzellen. Es muss also

in Lösung durch eine geschlossene Blase (Zellmembran und Primordialschlauch) dringen, um mit der Substanz sich zu verbinden, zu welcher es eine grössere Verwandtschaft hat. Fäden von Oedogonium verhalten sich ganz ebenso wie Spirogyra.

Wenn ein Körper Jod einlagert, so zieht er die ersten Mengen desselben mit grösserer Kraft an, als die späteren; der Verwandtschaft zu der ersten aufgenommenen Jodmenge entspricht eine niedrigere, der Affinität zu dem später aufgenommenen Jod eine höhere Concentrationsgrenze. Wenn daher eine durch Jod gefärbte Substanz mit einer gewissen Menge der nämlichen aber ungefärbten Substanz zusammen in Wasser gelegt wird, so bleiben beide nicht unverändert, sondern die erstere gibt Jod an die letztere ab; zuletzt sind beide ziemlich gleich intensiv gefärbt. Differirt die Verwandtschaft zweier Substanzen zu Jod nur um sehr wenig, so ist, nachdem sie sich in die Jodmenge getheilt haben, die eine intensiver gefärbt als die andere; und nur wenn die eine eine beträchtlich stärkere Anziehung auf Jod ausübt, so entzieht sie es der anderen vollständig.

Kartoffelstärkemehl wurde durch wässrige Jodlösung bis zur Sättigung gefärbt und darauf mit Wasser und einer gleichen Menge unveränderten Kartoffelstärkemehls in ein Probirröhrchen eingeschlossen. Das Präparat blieb einige Wochen stehen; von Zeit zu Zeit wurde umgeschüttelt und hin und wieder eine Probe unter dem Microscop untersucht. Die farblosen Stärkekörner färbten sich allmählich blau; zuletzt waren alle ziemlich gleich gefärbt.

Mit intensiv-, aber nicht schwarzblau gefärbtem Kartoffelstärkemehl wurde eine doppelt so grosse Menge Weizenstärkemehl auf gleiche Weise in einem Probirröhrchen eingeschlossen. Nach drei Tagen waren die Körner der Kartoffelstärke intensiv indigoblau, die der Weizenstärke hellviolett. Nach 5 Wochen waren die erstern immer noch schön blau, die letztern hellrothviolett.

Weizenstärkemehl wurde durch wässrige Jodlösung inten-

siv gefärbt; die kleinen Körner waren hell-, die grossen dunkel-violettblau. Dasselbe wurde hierauf mit Wasser in ein Probirröhrchen gebracht und dazu unverändertes Kartoffel-, Maranta- und Manihotstärkemehl gefügt. Nach vier Tagen waren die kleinen Körner der Weizenstärke theils ganz, theils beinahe farblos, die grössern hell-violettblau. Die Körner der Kartoffel-, Maranta- und Manihotstärke waren alle sehr intensiv indigoblau, zum Theil selbst schwarzblau. Nach 5 Wochen zeigte sich das Präparat unverändert.

Schwarzblau gefärbtes Kartoffelstärkemehl wurde mit Kartoffelstärkekleister in ein Probirröhrchen eingeschlossen. Nach 7 Tagen war der Kleister indigoblau, und zwar, wie die microscopische Untersuchung zeigte, nur die granulirte Masse, während die geschichteten Hüllen grösstentheils ganz farblos, einige schwach violett waren. Die Stärkekörner waren hell-, bis intensiv blau. Nach 5 Wochen zeigte die granulirte Masse des Kleisters und der aufgequollenen Körner eine ziemlich gleich intensive Färbung, wie die nicht aufgequollenen Körner; aber jene war reinblau, diese violettblau. — In einem anderen Probirröhrchen wurde viel farbloser Kartoffelkleister mit wenig gefärbtem Kartoffelmehl gemengt. Nach mehreren Tagen waren beide hellblau; und nach mehreren Wochen entfärbten sich beide gleichzeitig.

Dunkelblau gefärbtes, nicht ganz mit Jod gesättigtes Kartoffelstärkemehl wurde mit Weizenstärkekleister zusammengebracht. Nach 7 Tagen war der Kleister ungleich gefärbt, hellviolett bis intensiv blau, da sich das Jod nicht gleichmässig verbreitet hatte. Die einen Kartoffelstärkekörner waren hell, die anderen intensiv blau. Nach 5 Wochen war das Verhältniss zwischen Kleister und Körnern ziemlich gleich geblieben; nur zeigten beide etwas hellere Färbung.

So wird also ein mit Jod durchdrungener Körper durch einen andern, der eine grössere Affinität zu Jod hat, entfärbt, wofür nun dieser letztere sich färbt. Es gilt diess für die imbibitionsfähigen Substanzen, welche Jod einlagern und ferner auch für die gelösten Verbindungen (Dextrin), welche sich wie

[redacted]

jene Substanzen verhalten und mit Jod eine eigenthümliche Färbung zeigen. Bei Körpern, welche mit Jod wirkliche chemische Verbindungen bilden, kann vollständige Entfärbung eintreten, wie z. B. bei der Bildung von Jodkalium. Wie Kali verhält sich merkwürdiger Weise auch das lösliche Eiweiss.

Wenn man Jod in Kalilösung bringt, so löst es sich bekanntlich auf, ohne die Flüssigkeit zu färben. Erst wenn alles Kali mit Jod sich vereinigt hat, löst sich ein Ueberschuss des letztern mit gelber, braungelber, braunrother, dunkelbrauner Farbe auf. Ganz gleich verhält sich das gelöste Hühnereiweiss sowohl im unveränderten Zustande, als wenn dasselbe mit soviel Salzsäure versetzt wurde, dass es Lacmuspapier stark röthet. Von angesäuertem Hühnereiweiss wird wenigstens das siebenfache Volumen gesättigter wässriger Jodlösung vollständig entfärbt. Wird noch mehr Jodlösung zugefügt, so tritt gelbliche Färbung ein. — In gleicher Weise entfärbt Hühnereiweiss eine gewisse Menge von Jodkaliumjodlösung und wird von einem Ueberschuss gefärbt.

Wie die Jodlösungen, so werden auch die durch eingelagertes Jod gefärbten Körper von löslichem Eiweiss entfärbt. Jodstärkekleister oder Jodstärkemehl verliert in unverändertem oder in angesäuertem Hühnereiweiss sogleich seine Farbe. Ein Ueberschuss von Jodstärke bleibt blau.

Jod bildet also mit Eiweiss eine chemische Verbindung. Dieselbe ist in dünnen Schichten vollständig farblos, sowohl für das blosse Auge als unter dem Microscop. In grösserer Menge erscheint sie sehr blass fleischfarben (weder gelb, noch braun), wie das frische Hühnereiweiss selbst; ein Ueberschuss von Jod färbt sie gelblich. Wenn man zu flüssigem Eiweiss allmählich geringe Mengen von Jodkaliumjodlösung zusetzt, so behält es seinen ursprünglichen blass fleischfarbenen Ton; und so lange die Flüssigkeit diesen Farbenton zeigt, besitzt sie das Vermögen, Jodstärke zu entfärben. Hat sie aber durch fortgesetztes Zuführen von Jodkaliumjod einen gelblichen Ton angenommen, so kündet sie dadurch die Anwesenheit von freiem

(gelöstem) Jod an. Sie hat nicht nur die Fähigkeit, Jodstärke zu entfärben, verloren; sie hat im Gegentheil diejenige gewonnen, ungefärbtes Stärkemehl zu bläuen.

Das jodhaltige Eiweiss oder Jodalbumin hat die gleichen physicalischen Eigenschaften, wie das unveränderte Eiweiss. Es ist löslich in Wasser und geht durch dieselben Mittel in den coagulirten Zustand über. In diesem Zustande ist es vollkommen weiss.

Die Schwefelsäure vermag das Jod dem gelösten oder coagulirten Jodalbumin nicht zu entziehen. Der Versuch wurde gemacht, um zu zeigen, dass das Jod nicht etwa mit Alkalien sich verbunden habe. Jodstärke wird durch Kali entfärbt und durch Schwefelsäure wieder gefärbt. Eine Lösung von Jodalbumin färbt sich mit Schwefelsäure nicht, wohl aber coagulirt sie. Ebenso wird Jodstärke, wenn man dieselbe durch Eiweiss entfärbt, durch Zusatz von Schwefelsäure nicht wieder gebläut.

Chlor dagegen tritt an die Stelle des Jod und macht dieses frei. Wenn man zu einer Lösung von Jodalbumin allmählich Chlorwasser zusetzt, so färbt sich die Flüssigkeit zuerst gelb und hat nun die Fähigkeit, Stärke zu bläuen. Wird mehr Chlorwasser zugesetzt, so verschwindet die gelbe Färbung wieder; in gleicher Weise wie wässrige Jodlösung durch Chlor entfärbt wird. Aus dem gleichen Grunde tritt, wenn man Jodstärke durch Eiweiss entfärbt und dann Chlorwasser zusetzt, eine Bläuung in keinem Stadium mehr ein.

Der Umstand, dass Chlor an die Stelle des Jod treten kann, zeigt, dass Jodalbumin auf gleiche Weise entsteht wie Chloralbumin. Jod tritt durch Substitution an die Stelle von Wasserstoff; der letztere verbindet sich sogleich mit einer andern Menge Jod. Die Flüssigkeit, in welcher Jodalbumin sich gebildet hat, reagirt daher deutlich sauer.

Ich füge noch die Bemerkung bei, dass die Verbindung von Jod und Albumin durch Jodlösungen hergestellt werden muss. Festes Jod eignet sich nicht dazu. Wenn man Jodstückchen in flüssiges Eiweiss bringt, so coagulirt das letztere, überall wo es mit jenen in Berührung kommt, und färbt sich

[redacted]

dunkelbraun. Die Jodsplitter werden so mit einer festen Kruste umhüllt, welche die Verbreitung des Jod zwar nicht absolut hemmt, aber doch sehr verzögert. Das langsam sich ausbreitende Jod bildet zuerst Jodalbumin und färbt nachher dasselbe gelb, dann braun, und coagulirt es, so dass um die mit dunkelbraunem Eiweiss umhüllten Jodsplitter sich gefärbte Zonen bilden, deren Intensität nach aussen abnimmt. Man beobachtet diess am Besten unter dem Microscop. In einem Probirröhrchen war nach 14 Tagen fast alles Eiweiss durch einige Jodstückchen braun und fest geworden; ein Rest war noch farblos und flüssig.

II. Wie wirkt der grössere oder geringere Wassergehalt auf die Färbung der Stärke durch Jod?

Nach H. v. Mohl (Flora 1840) ist die Anwesenheit des Wassers nothwendige Bedingung der blauen Färbung. Nachdem er gesagt, „die gelbe oder braune Farbe könne das Jod der trockenen Zellmembran ertheilen, wenn es in Alcohol aufgelöst oder in Form von Dämpfen mit ihr in Berührung komme, die violette oder blaue Farbe trete dagegen nur dann ein, wenn die Zellmembran von Wasser durchdrungen sei; die blaue Farbe verwandle sich beim Austrocknen der Membran in die violette oder rothbraune, kehre jedoch bei einer Benetzung zurück", fügt er bei, dass „analoge Farbenänderungen bekanntlich auch bei der Jodstärke eintreten, je nachdem dieselbe trocken oder von Wasser benetzt sei."

Meine früheren Beobachtungen schienen ebenfalls zu diesem Resultate zu führen. Ich sah Jodstärke, welcher das Wasser entzogen wurde, braungelb, braunroth bis dunkelbraun werden (Stärkekörner pag. 188). Auch glaubte ich, dass das Jod nur in die Stärkekörner eindringen könne, wenn es vom Wasser gelöst hineingetragen werde, und dass es nur durch Wasser demselben wieder entzogen werde.

Die Beobachtungen, auf die sich alle diese Aussagen stützen, waren zwar richtig; die Folgerungen waren es nicht. Die Wirkungsweise des Wassers muss folgendermassen formulirt werden:

1) Bei gleicher Temperatur wird das Jod am schnellsten durch Wasser in die Stärkekörner hinein und hinaus befördert; durch Alcohol, Aether, Oel oder durch Joddämpfe geschieht das Färben und Entfärben viel langsamer.
2) Das nämliche Mittel entfärbt um so rascher, je höher die Temperatur ist.
3) Die durch Jod gefärbte und von Wasser durchdrungene Stärke kann den gleichen (blauen, rothen, gelben) Farbenton behalten, wenn ihr das Wasser durch Verdunsten oder durch Alcohol entzogen wird.
4) Die Stärke nimmt verschiedene Farben an, wenn sie im Momente, in welchem das Jod eindringt, mit mehr oder weniger Wasser imbibirt ist. Die reinblaue Färbung erlangt sie nur dann, wenn sie nahezu ihren vollen Wassergehalt hat.

Es ist bekannt, dass von Wasser durchdrungene Stärke (Mehl oder Kleister) durch Jod momentan gefärbt wird, man mag dasselbe in wässriger, wasserhaltiger weingeistiger oder Jodkalium-Lösung zusetzen. Durch metallisches Jod geschieht die Färbung nur in dem Masse als dieses sich auflöst.

Zur Ermittelung der Frage, inwiefern das Jod in Dampfform aufgenommen werde, machte ich folgende Versuche. Lufttrockene Kartoffelstärkekörner wurden mit kleinen Jodcrystallen auf den Objectträger gebracht, mit einem Deckgläschen bedeckt und vermittelst des letztern die Jodcrystalle zerrieben. Das Präparat blieb 24 Stunden stehen; das Jod war nach dieser Zeit noch theilweise vorhanden; die Stärkekörner hatten somit zwischen den beiden Gläsern in einer Jodatmosphäre gelegen. Zur microscopischen Untersuchung wurde Citronenöl zugesetzt, so dass die Stärkekörner davon umgeben waren. Die meisten derselben zeigten sich vollkommen farblos. Ein Theil war gelb, bis braun. Aber die Färbung beschränkte sich auf die Oberfläche; die Substanz selbst war farblos.

[redacted]

An Körnern, die überall gefärbt erscheinen, ist es zwar schwer zu entscheiden, ob die Färbung sich auf die Oberfläche beschränke oder ob sie durchgehe. Für das Erste spricht aber der Umstand, dass die Körner im Innern entschieden heller sind als am Umfange, während im zweiten Fall das Umgekehrte statt finden müsste, um so mehr als in dem Citronenöl der Randschatten beinahe ganz mangelt. Entscheidend sind aber die zahlreichen Körner, welche nur zur Hälfte oder nur stellenweise gelb oder braungefärbt sich zeigen. Wenn man dieselben rollt, so sieht man ganz deutlich, dass die ganze Substanz farblos ist und dass die braune Färbung als eine unmessbar dünne Schicht die Oberfläche überzieht. Solche halbgefärbte Körner, welche die gefärbte Hälfte dem Beobachter zukehren, sehen genau aus, wie die ganz gefärbten; und man überzeugt sich dadurch um so leichter, dass auch bei den letzteren die Färbung auf die Oberfläche beschränkt ist.

Ganz ähnlich wie in Dampfform wirkt Jod in weingeistiger Lösung. Wenn man trockenes Kartoffelstärkemehl auf einem Objectträger mit wasserfreier Jodtinctur übergiesst, so schwimmen die Stärkekörner in der braunrothen Flüssigkeit vollkommen farblos herum. Und dass sie wirklich farblos sind, sieht man deutlich, wenn man auf einer Seite des Deckgläschens Alcohol zusetzt, welcher die Jodtinctur verdrängt. Lässt man dagegen die Jodtinctur verdunsten, so werden die Körner, indem sich Jod auf dieselben niederschlägt, gelb bis braun. Dass die Färbung auf die Oberfläche beschränkt ist, sieht man auch hier, nachdem man die Körner in ätherisches Oel gebracht hat, besonders schön an denjenigen, die nur stellenweise einen Jodniederschlag erhalten haben. Es gibt solche, die bloss auf der einen Seite braun sind; andere zeigen grössere und kleinere Flecken.

Wenn der Alcohol, der zur Bereitung der Jodtinctur diente, fast wasserfrei war, so sind die Stärkekörner nach der eben erwähnten Behandlung braun oder braungelb. War derselbe dagegen etwas wasserhaltig, so zeigen sich einzelne Kör-

ner schwach violett. Diess ist so zu erklären, dass nach dem Verdunsten des Alcohols die geringe Menge des zurückbleibenden Wassers in einzelne Körner eindringt und dieselben befähigt Jod einzulagern. Dass diese Erklärung richtig sei, ergibt sich aus folgendem Versuche. Wenn man die durch das Verdunsten der Jodtinctur auf der Oberfläche braungewordenen Körner wiederholt mit etwas wasserhaltigem Alcohol begiesst und denselben verdunsten lässt, so geht das Braun mit jeder Operation mehr in Violett und Indigoblau über, welche Farben nun das ganze Korn durchdringen.

Diese Thatsachen zeigen, dass eine Lösung von Jod in fast wasserfreiem Alcohol die Stärkekörner stundenlang farblos erscheinen lässt. Ich kann beifügen, dass selbst nach 40tägigem Liegen in gesättigter Jodtinctur die meisten Kartoffelstärkekörner vollkommen ungefärbt sind. Daraus habe ich früher geschlossen, dass das Jod von Alcohol überhaupt nicht in die Stärke hineingeführt werde. Diess ist unrichtig, wie ich später zeigen werde. Der Process geht nur äusserst langsam von Statten. Nach längerer Zeit aber tritt gelbliche Färbung ein.

Aether verhält sich wie Weingeist, ebenso die flüchtigen Oele. Wenigstens bleiben trockene Kartoffelstärkekörner in Citronenöl, in welchem Jod gelöst ist, stundenlang vollkommen farblos.

Wie das Jod schnell in die von Wasser durchdrungenen Stärkekörner eindringt, so verlässt es sie auch schnell. Die Entfärbung der Jodstärke in Wasser geht aber desswegen langsam von Statten, weil das Wasser gegenüber der Stärke nur eine äusserst geringe Menge von Jod zu lösen vermag, und weil es dieses Jod nur allmählich durch Verdunstung und Säurebildung verliert. Findet eine rasche Entführung des Jod (z. B. durch einen Wasserstrom) statt, so tritt auch die Entfärbung rasch ein. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man eine Flüssigkeit anwendet, welche eine grössere Menge von Jod zu lösen vermag (wasserhaltiger Alcohol, Wasser bei höherer Temperatur). Jodstärke, die man mit Wasser erhitzt, geht

[redacted]

sehr rasch aus dem blauen in den farblosen Zustand über, weil durch die steigende Wärme das Wasser die Fähigkeit erlangt, mehr Jod aufzunehmen.

Stärke, die durch wässrige Jodlösung gefärbt wurde und austrocknet, behält das Jod und in der Regel auch die gleiche Farbe. Solche trockene Jodstärke verändert sich an der Luft nach Tagen und Monaten nicht. Wenn die Präparate vor Feuchtigkeit bewahrt werden, so können sie selbst nach Jahren noch die ursprüngliche Farbe zeigen. Daraus habe ich früher den Schluss gezogen, dass das Jod nicht durch Verdunsten die trockenen Substanzen verlassen könne. Diess ist nicht ganz richtig. Denn bei erhöhter Temperatur wird das Jodstärkemehl rasch, der Jodstärkekleister zwar langsamer, aber doch binnen einiger Zeit entfärbt. Bei gewöhnlicher Temperatur findet die Verdampfung des Jod aus der Jodstärke ebenfalls aber äusserst langsam statt.

Trockene Jodstärke, die mit Alcohol übergossen wird, verändert ihre Farbe nicht. Feuchter Jodstärke wird durch Alcohol das Wasser, nicht aber das Jod entzogen. Der Schluss aus diesen Thatsachen, dass nur wässrige Flüssigkeiten die Jodstärke zu entfärben vermögen, ist ebenfalls nicht genau. Denn nach längerer Zeit und nach wiederholter Erneuerung des Alcohols tritt ganz allmählich die Entfärbung ein. Der Process findet bei erhöhter Temperatur weniger langsam statt. Die Entfärbung durch Alcohol zeigt also die gleichen Verhältnisse, wie die durch Verdampfung des Jod.

Wenn man durch wässrige Lösungen blaugefärbte Jodstärke (Mehl oder Kleister) bei gewöhnlicher Temperatur eintrocknen lässt, so behält sie in der Regel die blaue Farbe bei, und es gibt Partieen, die im lufttrockenen Zustande so schön indigoblau erscheinen als vorher, so dass auch ein abermaliges Befeuchten mit Wasser keine Veränderung hervorruft.

Der Versuch wird mit Stärkemehl und Kleister am Besten so angestellt, dass man sie mit wenig destillirtem Wasser auf

den Objectträger bringt, einige Jodstückchen hineinlegt und dann eintrocknen lässt. Man vermeidet dadurch, dass vor und während dem Eintrocknen die Entfärbung beginnt, was, wie ich später zeigen werde, geringere oder bedeutendere Modificationen im Farbenton bewirken kann. Das trockene Präparat des Jodstärkemehls wird am Besten in Oel (z. B. Citronenöl) oder auch in wasserfreiem Weingeist und unter einem Deckgläschen beobachtet. Wenn es rücksichtlich der gehörigen Abstufung der Jodmenge gelungen ist, so sieht man an den lufttrockenen Kartoffelstärkekörnern alle Grade der Intensität vom hellsten bis zum dunkelsten Indigoblau.

Manchmal wird durch das Eintrocknen eine Modification der Farbe bewirkt; aber die eben angeführte Thatsache beweist, dass die Ursache in etwas Anderem als in der Wasserentziehung gesucht werden muss. Ich werde hievon später sprechen; ich werde ebenfalls zeigen, dass man durch wässrige Jodlösung die Stärke gelb, braungelb, rothbraun und roth färben kann und dass auch diese Farbentöne beim Eintrocknen dieselben bleiben.

Aus allen diesen Thatsachen muss der Schluss gezogen werden, dass es nicht die grössere oder geringere Menge von Wasser an und für sich ist, die den Farbenton der Stärkekörner bedingt.

Es gibt eine Thatsache, welche zwar nicht die Stärke selbst, aber eine derselben äusserst nahe verwandte Substanz betrifft und welche dem eben gemachten Ausspruch entgegen zu sein scheint. Eine Dextrinlösung wird durch Jod bei schwächerer Einwirkung weinroth, bei stärkerer dunkelroth gefärbt. Lässt man intensiv gefärbte Dextrinlösung auf einer Glasplatte eintrocknen, so zeigt sich die reinste indigoblaue Färbung, so schön als sie nur irgend an Jodstärke wahrzunehmen ist. Dieser Versuch wurde zu wiederholten Malen mit dem gleichen Erfolge gemacht. Ich habe einen Objectträger vor mir, auf welchem das trockene Joddextrin nach zwei Jahren noch vollkommen blau ist.

[redacted]

Man würde irren, wenn man aus dieser Thatsache den Schluss begründen wollte, dass das Joddextrin in Verbindung mit Wasser eine andere Farbe zeige als im trockenen Zustande. Es ist nicht das Vorhandensein und der Mangel an Wasser, sondern der gelöste und feste Aggregatzustand, welcher die Differenz in der Färbung bedingt. Wenn man das eingetrocknete Joddextrin mit Wasser übergiesst, so verändert es seine indigoblaue Farbe nicht.

Ganz anders verhält sich die Stärke, wenn ihr Wassergehalt bei der Aufnahme des Jod verschieden ist. Man kann diess am Besten durch weingeistige Jodlösung nachweisen. Wenn man trockenes Kartoffelstärkemehl mit hinreichend wasserhaltiger Jodtinctur übergiesst, so färbt sie dasselbe sogleich schön indigoblau. Ist die Jodtinctur dagegen wasserfrei, so ertheilt sie dem Stärkemehl erst nach längerer Zeit eine gelbe und später gelbbraune Farbe. Je nachdem sie aber nur wenig oder etwas mehr Wasser enthält, treten rothgelbe, braune, roth-braune, kupferrothe und violette Töne auf.

Mit gleichem Erfolg wie durch Jodtinctur, lässt sich die Stärke durch Joddämpfe färben. Ist dieselbe lufttrocken, so wird sie gelb und braun. Trockenes Kartoffelstärkemehl wurde mit einigen Stückchen metallischen Jods in ein kleines Probirröhrchen eingeschlossen, und blieb während 4 Tagen den Joddämpfen ausgesetzt. Es erschien nun dem blossen Auge als ein braungrünes Pulver. Unter dem Microscop zeigten sich die meisten Körner gelb oder braungelb und zwar waren sie durch und durch gleichmässig gefärbt. An einigen bemerkte man in der Mitte eine dunklere (braune) Stelle, welche beim Drehen des Korns als im Innern befindlich sich erwies. Zuweilen befand sich diese dunklere Stelle in der Gegend des Kerns. Zuweilen war der Kern und eine nach der Mitte des Korns sich erweiternde Stelle braun gefärbt, so dass sie einem Kometen mit Kern und Schweif glich. Offenbar hatte das Jod sich in diesen Fällen in der Höhlung des Kerns und in den von derselben ausgehenden Rissen niedergeschlagen. — We-

nige Körner waren schmutzig blau, wahrscheinlich solche, die im lufttrockenen Zustande etwas mehr Wasser zurückgehalten hatten. Wenige andere erschienen schmutzig grün, eine Mischung der blauen und gelben Färbung.

Ist das Stärkemehl nicht vollkommen lufttrocken, so bewirken die Joddämpfe braunrothe, rothe und violette Farben.

Jod, das in ätherischem Oel gelöst ist, reagirt, wie die weingeistige Tinctur und wie die Joddämpfe. Trockenes Kartoffelstärkemehl wurde mit einigen Stückchen Jod in Citronenöl gelegt und in einem verschlossenen Probirröhrchen aufbewahrt. Von Zeit zu Zeit untersuchte ich eine Probe unter dem Microscop. Die Färbung ging sehr langsam vor sich. Nach drei Wochen hatten alle Körner deutlich Jod in grösserer oder geringerer Menge aufgenommen. Die Mehrzahl hatte sich gelbbraun gefärbt; der Farbenton begann mit Hellgelb und steigerte sich allmählich durch Braungelb zu Dunkelkaffebraun. Die kleinere Zahl war schmutzig rothviolett, und liess ebenfalls alle Uebergänge von Hellroth bis Schwarzbraun wahrnehmen. Zwischen den beiden Farbenreihen gab es verschiedene Mittelstufen. An hellgefärbten Körnern aller Nüancen sah man oft das Innere der Körner intensiver gefärbt, als die äussere Substanz Fast an allen dunkler gefärbten Körnern war die alleräusserste Schicht deutlich heller oder selbst fast farblos. Einzelne Körner, offenbar solche, die in der Nähe von Jodsplittern sich befunden, hatten auf der einen Seite viel mehr Jod eingelagert.

Die verschiedene Färbung kann für diesen Fall auffallend erscheinen, weil alle Stärkekörner unter den gleichen Verhältnissen sich befanden. Da aber in den übrigen Fällen (bei der Behandlung mit Alcohol oder mit Joddämpfen) sehr geringe Verschiedenheiten im Wassergehalt die nämlichen Differenzen des Farbentons bedingen, so lässt sich wohl vermuthen, dass man es hier mit der nämlichen Ursache zu thun habe. Es mögen die Stärkekörner vermöge ihrer ungleichen Organisation schon von Anfang an im lufttrockenen Zustande ungleich viel Wasser zurückgehalten haben; es mögen auch geringe Was-

[redacted]

sermengen mit dem ätherischen Oel gemischt gewesen und vorzüglich von den einen Körnern aufgenommen worden sein.

III. *Wie wirkt eine grössere oder geringere Menge des eingelagerten Jod auf den Farbenton der Stärke?*

Wie bei den Zellmembranen soll nach den Angaben H. v. Mohl's auch bei der Stärke die ungleiche Quantität von Jod unter übrigens gleichen Verhältnissen die verschiedene Färbung erklären. „Wenn zu gleicher Zeit Jod und Wasser auf die aufgequollenen oder nicht aufgequollenen Körner einwirke, so färben sie sich nach der Menge von Jod, welche sie aufnehmen, weinroth, indigoblau bis zum tiefsten schwarzblau" (Anat. und Physiol. der vegetab. Zelle 1851 p. 49). Ich selber (Stärkekörner 1858 p. 185) glaubte ebenfalls dieses Resultat aus meinen Beobachtungen ableiten zu müssen; habe aber zugleich angedeutet, dass es bei gleichen Mengen eingelagerten Jods zuweilen ungleiche Farbentöne gebe und dass für diese Erscheinung die Erklärung noch mangle.

Wenn man ein Präparat von Stärkekörnern in wässriger Jodlösung anfertigt, so bemerkt man häufig, besonders nach einiger Zeit, Körner mit heller, violetter oder selbst rothvioletter Färbung neben solchen mit intensiver, indigoblauer Farbe. Nichts scheint gerechtfertigter, als den ungleichen Ton von der verschiedenen Menge des eingelagerten Jod herzuleiten. Dennoch ist dieser Schluss unrichtig. Die Körner, die ungleich gefärbt sind, befinden sich nicht unter vollkommen gleichen Verhältnissen. Ich beschränke mich hier auf den Nachweis, dass ceteris paribus auch der Farbenton der nämliche ist.

Wenn man Kartoffelstärkekörner ganz langsam färbt, was am Besten durch ein Stückchen Jod geschieht, welches man in destillirtes Wasser legt, so ist die erste sichtbare Färbung hellblau (nicht violett noch roth); dieselbe wird nach und nach

intensiver und zuletzt dunkelblau. Weizenstärkekörner zeigen bei gleicher Behandlung ein ähnliches Verhalten, aber die Farbe geht mehr auf Violett. — Bringt man zu Kartoffelstärkekleister, der mit destillirtem Wasser auf dem Objectträger liegt, Stückchen von metallischem Jod, so färbt sich die innere, stark aufgequollene und granulirte Masse, die zum Theil aus den Körnern herausgetreten ist, erst blassblau, dann intensiv indigoblau. Die geschichteten Hüllen werden blass violett, dann intensiv schmutzig-violettblau. Kleister von Weizenstärke verhält sich ebenso.

Bei diesem Verfahren kann ich an dem nämlichen Stärkekorn oder an der nämlichen Partie eines Korns bei geringerer und reichlicherer Jodeinlagerung keinen anderen Unterschied wahrnehmen, als dass der gleiche Farbenton mehr oder weniger intensiv auftritt. Es ist aber begreiflich, dass, je mehr derselbe sich vom reinen Blau entfernt und dem Violett nähert, um so mehr bei starker Verdünnung der Farbe das Roth, bei Condensirung derselben das Blau vorzuherrschen scheint.

Man kann, wie ich schon früher angegeben habe, die Stärke auch äusserst langsam färben, wenn man sie in Wasser bringt, in welchem durch Jod gefärbte Körper (Dextrin, Eiweiss etc.) sich befinden. Jedes Verfahren, bei welchem man die entstehende Färbung beobachtet, gibt mir immer das nämliche Resultat, während eine andere Methode keine Sicherheit gewährt. Ich werde später zeigen, dass das Jod in der Jodstärke, wenn es sich anschickt, aus derselben zu entweichen, oft eine andere Anordnung der kleinsten Theilchen annimmt und somit auch eine andere Farbe bedingt. Diess ist um so mehr der Fall, je mehr sich die ursprüngliche Farbe dem reinen Blau nähert. Da nun, wenn Jodstärke im Wasser liegt, dieses immer etwas Jod entzieht, so beobachtet man häufig Körner, welche ihre Farbe etwas verändert haben. Man ist daher des Farbentons, welchen Jodstärke im Wasser zeigt, nur dann ganz sicher, wenn man denselben im Moment der Entstehung sieht.

[redacted]

Es ist ferner von Wichtigkeit, dass das Wasser, in dem die Stärke liegt, rein sei. Salze, welche in demselben enthalten sind, können leicht die Farben modificiren. Es ist sogar, wie ich zeigen werde, möglich, ein Präparat in Wasser herzustellen, in welchem die Kartoffelstärkekörner, welche am wenigsten Jod aufgenommen haben und somit die schwächste Färbung zeigen, hellblau, die etwas stärker gefärbten violett, die noch mehr Jod enthaltenden roth, und diejenigen endlich, welche am meisten Jod eingelagert haben, braungelb und gelb sind. Es wäre ein ganz falscher Schluss, wenn man aus dieser Thatsache folgerte, dass die geringste Jodmenge blau und die grösste gelb färbe. Verfolgt man in einem solchen Präparat das einzelne Korn, während es sich mehr und mehr färbt, so sieht man, dass es die Farbe nicht ändert, sondern nur verstärkt.

Es gibt nun zwar ausnahmsweise auch einzelne Fälle, wo das in destillirtem Wasser liegende Kartoffelstärkekorn in dem Moment, wo es sich durch Jod färbt, eine violette (nicht eine blaue) Farbe zeigt. Wenn trockenes Kartoffelstärkemehl in wässrige oder schwach weingeistige Jodlösung gebracht wird, so beobachtet man zuweilen unter der Masse blauer Körner einzelne violette. An einigen derselben konnte ich aber deutlich wahrnehmen, dass die äussere Substanz stärker, die innere schwächer oder gar nicht gefärbt war. Da nun die äussersten *cellulose*reichen Schichten mit Jod einen violetten Ton annehmen, so scheint jene Erscheinung erklärt zu sein. Bei der grossen Mehrzahl der Körner ist die innere Masse ebensosehr oder intensiver gefärbt, als die äussere; und daher zeigen diese alle eine blaue Farbe.

Alle diese Thatsachen zwingen uns also zu dem Schlusse,

dass unter übrigens gleichen Umständen die ungleiche Quantität des in der Stärke eingelagerten Jod nicht eine Verschiedenheit des Farbentons, sondern nur eine verschiedene Intensität der Farbe bewirkt.

IV. Wirkung physicalischer und chemischer Verhältnisse in der Stärkesubstanz auf die Färbung durch Jod.

Ausser den zwei Verhältnissen, die ich bereits besprochen habe, der grösseren und geringeren Wassermenge und der grösseren und geringeren Jodmenge, sind noch zwei andere Erklärungsgründe, ein physicalischer und ein chemischer, für die Thatsache angegeben worden, dass die Stärke in Verbindung mit Jod verschiedene Farben zeigen, dass sie von Braun und Roth bis Blau abwechseln kann.

Payen suchte die Ursache in der grössern oder geringeren Aggregation der Substanz. Er sprach als allgemeines Resultat seiner Beobachtungen aus, „die Wirkung der stufenweisen Desaggregation bestehe darin, dass das Stärkemehl in Verbindung mit Jod violette Töne annehme, welche mehr und mehr in Roth übergehen; die gleiche Substanz zeige in den ersten Entwicklungsstadien innerhalb der Pflanzen unter der Einwirkung von Jod rothe, violette, dann blaue Töne.“

Ich selber (Stärkekörner 1858 p. 185) habe eine der Ursachen, warum die Stärke durch Jod verschiedene Färbungen annimmt, in der Thatsache gefunden, dass sie ungleich viel Cellulose enthält. Ich zeigte, dass bei ganz gleicher Behandlung die celluloseärmern Partieen durch Jod und Wasser blau, die cellulosereichern roth oder violett werden.

Was die Theorie von Payen betrifft, so habe ich schon früher (Stärkekörner p. 187) gezeigt, dass sie nicht übereinstimmt mit der microscopischen Beobachtung, welche darthut, dass im Kartoffelstärkekleister die stark aufgequollene desorganisirte und feinkörnig gewordene Masse blau, die noch geschichtete dichtere Substanz violett oder rothviolett sich färbt. Wenn ferner durch Hitze aufgequollene Kartoffelstärke mit unveränderter gemengt und auf dem Objectträger durch ein Stückchen Jod, das man ins Wasser legt, langsam gefärbt wird, so beobachtet man nicht nur, dass die aufgequollenen Körner, namentlich deren innere granulirte Masse, das Jod früher auf-

[redacted]

nehmen, sondern auch, dass sie entschieden einen reiner blauen Farbenton zeigen als die unveränderten.

Gestützt auf diese Beobachtungen muss vielmehr gesagt werden, dass die Stärkesubstanz durch Auflockerung und Desaggregation, insoferne sie nicht etwa zu Folge von Dextrinbildung ärmer an Granulose wird, die Befähigung erhält, mit Jod einen etwas reiner blauen Farbenton anzunehmen.

Die Stärke verhält sich in dieser Beziehung also ganz wie die Cellulose.

Eine Thatsache, welche scheinbar die Ansicht Payen's unterstützt und welche dieselbe ohne Zweifel veranlasste, wobei aber die microscopische Analyse den Grund des Irrthums nachweist, ist folgende. Wenn man Stärke mit verdünnter Schwefelsäure kocht, und von Zeit zu Zeit eine Probe der Lösung untersucht, so erhält man durch Zusatz von Jod zuerst reinblaue Färbungen, blassblau bei geringer, intensiv indigoblau bis schwarzblau bei stärkerer Einwirkung. Später aber bewirkt eine geringe Menge von Jod blass blauviolette, eine grössere Menge rothviolette Färbung. Die geringe Jodmenge färbt bloss die noch vorhandene Stärke, die grössere Jodmenge färbt ausserdem das Dextrin, das sich gebildet hat. Bringt man einen Tropfen Jodlösung in die unveränderte Flüssigkeit, so bewirkt dieselbe an der Stelle, die sie berührt, eine rothe Trübung, indem sie Stärke und Dextrin färbt. Bald aber breitet sich die Färbung aus und geht in Blauviolett über, indem das Dextrin sein Jod an die Stärke abgibt.

Unter dem Microscop kann man beide Färbungen neben einander sehen. Wenn man einen Tropfen der eben erwähnten Flüssigkeit auf den Objectträger bringt und einen Jodcrystall hineinlegt, so bemerkt man mit blossem Auge einen rothen Hof sich um denselben ausbreiten. Das Microscop zeigt an dem Umfange des rothen Hofes eine schmale blauviolette Zone. In der letztern hat das Jod erst die Stärke, in dem erstern auch das Dextrin gefärbt.

Die Ursache, warum die Stärke, die noch nicht in Dextrin übergegangen ist, keinen reinblauen Ton annimmt, besteht darin, dass sie verhältnissmässig viel Cellulose enthält. Die Wirkung der Schwefelsäure trifft nämlich zuerst diejenigen Partieen, welche arm an Cellulose sind; am längsten widerstehen ihr die cellulosereichen Schichten. — Wenn alle Stärke in Dextrin übergegangen ist, so wird die Lösung durch Jod natürlich bloss noch roth gefärbt.

Folgende Beobachtung stimmt hiermit vollkommen überein. Alter Kartoffelstärkekleister, welcher Jahr und Tag in einer verkorkten Flasche im Laboratorium gestanden hatte, war ganz flüssig geworden. Man konnte eine klare Lösung abgiessen, welche bloss Dextrin enthielt. Der zurückgebliebene Kleister färbte sich auf Zusatz von Jod rothviolett. Unter dem Microscop bestand derselbe zum grösseren Theil aus geschichteten Hüllen, zum geringeren aus feinkörniger desorganisirter Masse. Bei langsamer Einwirkung des Jod färbte sich diese körnige Masse zuerst, und zwar violett; später nahmen die Hüllen orangefarbene und kupferrothe bis rothviolette Töne an.

Wenn man also Stärkekleister auf irgend eine Weise in Dextrin überführt, so geht die Farbe, welche die Flüssigkeit nach und nach mit Jod annimmt, von Indigoblau durch Violett in Roth über. Diess geschieht aus zwei Ursachen, einmal besonders desswegen, weil das Dextrin an Menge zunimmt und ferner in geringerem Masse auch desswegen, weil die noch unveränderte Stärke verhältnissmässig immer reicher an Cellulose wird.

In vollkommner Harmonie damit steht die Thatsache, dass mit Schwefelsäure gekochter Stärkekleister, welcher durch Jod gefärbt und dann mit Stärkemehl vermischt wird, sein Jod vollständig an letzteres abgibt uud daher sich entfärbt, wenn er zum grössern Theil in Dextrin umgewandelt ist; dass er aber bei der gleichen Procedur um so mehr Jod zurückhält und um so intensiver gefärbt bleibt, je weniger er die umwandelnde Einwirkung der Schwefelsäure erfahren hat.

[redacted]

11. Die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. II. Theil.

(Vorgetragen am 14. Febr. 1863.)

Ich habe in meiner ersten Mittheilung (Dezember 1862) nachgewiesen, dass die verschiedenen Farbentöne der Jodstärke nicht bedingt werden durch die grössere oder geringere Menge des eingelagerten Jod, und kaum durch die Desaggregation, welche die Substanz der Stärkekörner durch die Einwirkung der Hitze, der Säuren und der Alkalien erfahren hat; ferner dass die Jodstärke die nämliche Farbe behält, wenn man ihr vorsichtig das Imbibitionswasser entzieht, dass aber der Farbenton durch die Menge Wasser modifizirt wird, von welcher die Stärkesubstanz in dem Augenblicke durchdrungen ist, in welchem sie das Jod aufnimmt. Es giebt, ausser dem eben angegebenen, noch zwei Fälle, wo die Stärke ohne eine chemische und selbst ohne eine nachweisbare physikalische Veränderung zu erleiden, mit Jod bald eine indigoblaue oder violette, bald eine rothe, bald eine braune oder gelbe Farbe annimmt. Der eine Fall hat gewöhnlich statt,[1] wenn die Jodstärke sich entfärbt; der andere, wenn beim Färben verschiedene fremde Substanzen anwesend sind. Ich will zunächst den ersteren behandeln.

V. Farbenwechsel der Jodstärke vor dem Entweichen des Jod.

Zuerst bemerke ich, dass diese Versuche nie mit grössern Mengen von Stärke, welche man mit unbewaffnetem Auge betrachtet, angestellt werden dürfen. Solche rohe Beobachtungen leiten in der Regel irre, weil die Farbe aus verschiedenen, an mikroskopisch kleine Theilchen gebundenen Tönen gemengt ist. Selbst im günstigsten Fall besteht der Kleister aus zwei verschieden gefärbten Theilen (aus feinkörniger Masse und geschichteten Hüllen). Sehr oft zeigen sehr nahe beisammen liegende Körner des Stärkemehls oder Kleisters die verschiedensten Farben. Die Beobachtung muss daher durchaus unter dem Mikroskop angestellt werden, sie muss das einzelne Stärkekorn berücksichtigen und zuweilen selbst noch die Theile an demselben unterscheiden.

Die Beobachtungen über das Entfärben der Jodstärke sind besonders desswegen interessant, weil sie zeigen, wie die nämliche Substanz ihren Farbenton ändert. Dieser Wechsel ist immer bemerkbar, wenn das Jod sich anschickt aus der Stärke zu entweichen. Er ist am geringsten, wenn die Entfärbung im Wasser vor sich geht.

Ich habe bereits angeführt, dass die Kartoffelstärkekörner in dem Moment, da sie gefärbt werden, hellblau, nachher intensiv indigoblau erscheinen, und dass man dies am Besten beobachtet, wenn man sie mit destillirtem Wasser auf den Objectträger bringt und ein Stückchen Jod hineinlegt. Nimmt man das Jod weg, so tritt in dem Wasser allmähliche Entfärbung der Stärkekörner ein; sie gehen nun aber nicht durch Hellblau sondern durch Hellviolett in den farblosen Zustand über. Der Farbenton ist nicht immer und bei allen Körnern der nämliche; aber bei wiederholten Beobachtungen stellte sich als Regel heraus, dass er beim

[redacted]

Entfärben entschieden röther oder violetter ist als beim Färben.

Die Weizenstärkekörner zeigen, wenn sie Jod aufnehmen, einen blass blauvioletten oder violetten Ton; er ist deutlich röther, als derjenige der Kartoffelstärkekörner. Entweicht das Jod, so sind sie zuletzt blass rothviolett oder selbst blass weinroth. Unter der sich entfärbenden Weizenstärke, so wie unter der Kartoffelstärke, beobachtet man häufig Körner, die am Umfang schon ganz farblos und nur in der Mitte noch von Jod tingirt sind.

Andere Stärkearten zeigen analoge Erscheinungen. Ein für Farben empfindliches Auge wird beim Färben durch Jod und Wasser immer einen blaueren, beim Entfärben im Wasser einen rötheren Ton wahrnehmen, obwohl die Differenzen nur sehr gering sind im Vergleich zu denen, die sich kund geben, wenn die trockene Stärke ihr Jod abgiebt.

Im Stärkekleister von Kartoffel- oder Weizenmehl wird die fein granulirte Substanz durch Jod blau gefärbt; (die Hüllen sind kupferroth bis violett und geschichtet). Lässt man dieselbe im Wasser sich entfärben, so geht sie ebenfalls oft durch einen sichtbar verschiedenen hell violetten Ton in den farblosen Zustand über.

Färbt man Kartoffelstärkemehl auf dem Objectträger durch Jod und Wasser und lässt dann das Präparat eintrocknen, so behalten die Körner, wie schon gezeigt wurde, ihre indigoblaue Farbe bei der gewöhnlichen Temperatur Tage und Monate lang. In einer höhern Temperatur, wenn man das Präparat auf den erwärmten Ofen legt oder vorsichtig über der Spirituslampe erhitzt, verlieren sie ihr Jod in kurzer Zeit durch Verdunsten. Vorher wechseln sie die Farbe; sie werden violett, dann roth, dann braunroth und braun, zuletzt selbst orange, braungelb und gelb. Wenn man das Präparat, nachdem es diese Farben angenommen hat, der höhern Temperatur entzieht, behält es dieselben bei

gewöhnlicher Temperatur dauernd. Man kann nun die Stärkekörner sowohl trocken als auch in Oel oder Weingeist mikroskopisch beobachten. Benetzt man sie mit Wasser, so nehmen sie sogleich wieder die blaue Farbe an; aber sie sind natürlich etwas heller als ursprünglich, da ein Theil des Jod verdampft ist. Wenn man wasserhaltigen Alkohol anwendet und denselben wiederholt verdunsten lässt, so werden sie zuerst violett, nachher blau.

Solche durch Hitze entfärbte Stärkekörner, welche zuletzt noch braun oder orangefarben waren, verhalten sich ganz wie andere unveränderte Stärkekörner. Sie zeigen das gleiche Aussehen unter dem Mikroskop, sie besitzen das gleiche Quellungsvermögen; sie färben sich durch Jod und Wasser rein blau. Es muss also angenommen werden, dass in ihnen keine chemische oder physikalische Veränderung stattgefunden habe.

Man muss sich in Acht nehmen, dass man das Präparat nicht zu stark erhitze, indem sonst die Stärkekörner durch Verkohlung erst gelblich, nachher gebräunt werden. Solche Körner unterscheidet man aber leicht von den vorhergenannten braungelben und orangefarbenen dadurch, dass sie durch Wasser nicht gebläut werden und überhaupt nicht ihre Farbe wechseln.

Stärkekleister liefert bei erhöhter Temperatur zwar ähnliche Erscheinungen wie das Stärkemehl, aber es ist bemerkenswerth, dass er das Jod viel energischer zurückhält. Während ein Präparat von gebläutem Kartoffelstärkemehl in 5 — 10 Minuten braun gefärbt wird, kann ein Präparat von Kartoffelstärkekleister stundenlang die Einwirkung der nämlichen erhöhten Temperatur erfahren, ohne die blaue Farbe zu ändern. Bei längerer Einwirkung der gleichen oder bei Anwendung einer noch etwas höheren Wärme gelingt es indessen, auch den trockenen Jodstärkekleister zu entfärben, und die letzte sichtbare Farbe ist ebenfalls ein sehr blasses Braun oder Roth-

[redacted]

orange. Der Kleister erfordert aber noch viel grössere Sorgfalt, um die gewünschte Veränderung zu erhalten und die Verkohlung zu vermeiden. Auch hier besteht das Criterium darin, dass der durch Jod blassbraun gefärbte Kleister durch Wasser eine blassblaue, durch wässrige Jodlösung eine rein indigoblaue Färbung annimmt.

Verliert die Stärke auf irgend eine andere Weise das eingelagerte Jod, so zeigen sich analoge Verfärbungen. Bringt man blaues Jodstärkemehl, das von Wasser durchdrungen ist, in Alkohol, so entzieht dieser sogleich das Wasser. Die Stärkekörner behalten zunächst noch ihre blaue Farbe; ist aber eine hinreichende Menge Alkohol vorhanden oder wird derselbe erneuert, so tritt der Farbenwechsel ein. Mit Jod gesättigtes trockenes Kartoffelstärkemehl musste mehrmals mit dem zehnfachen Volumen Alkohol ausgezogen werden, bis deutliche Farbenänderungen sichtbar wurden; derselbe färbte sich jedesmal intensiv gelb. Die Stärkekörner wurden violett, dann roth, orange und zuletzt gelb.

Die Farbenänderung tritt bei diesen Versuchen nicht gleichzeitig ein und man findet Körner von den verschiedensten Farben neben einander. Dass aber jedes einzelne Korn alle Farbentöne durchlaufe, ergiebt sich aus dem Umstande, dass zuerst neben den blauen bloss violette, nachher auch rothe und zuletzt gelbe auftreten, ebenso dass man in einem gewissen Stadium keine blauen Körner mehr, nachher keine violetten mehr findet; im letzten Stadium sind bloss noch gelbe Körner vorhanden. — Wasser bläut die noch nicht entfärbten Körner, Wasser und Jod färben alle indigoblau.

Alle diese Beobachtungen beweisen also, dass

die Jodstärke vor dem Entfärben zuerst ihre Farbe verändert, ohne dabei eine chemische oder physikalische Umwandlung zu erfahren; und dass diese Farbenänderung an der von Wasser durchdrungenen Stärke gering (z. B. von Blau in Violett),

an der nicht von Wasser durchdrungenen Stärke bedeutend ist (von Blau durch Roth in Gelb).

Für diese Erscheinung könnte man vielleicht zu folgender Erklärung geneigt sein. Das Jod bilde mit der Granulose der Stärke eine blaue Verbindung [1]); es verlasse diese Verbindung und zeige nun seine natürliche Farbe; das Blau gehe dessnahen in Rothgelb über. Wenn dies richtig wäre, so müssten die Uebergangsstadien ein Gemenge von jenen beiden Farben zeigen; es müsste in diesem Gemenge das Blau ab und das Rothgelb zunehmen. Ein solches Gemenge erhält man, wenn man Jodstärke in Wasser erhitzt und dadurch entfärbt. Es giebt einen Moment, wo Jodstärke und freies Jod gemengt sind. Die Farbe ist für das blosse Auge grün, wie ich bereits früher angegeben habe.

Diese Annahme wird durch die Uebergangsfarben, welche man an den sich entfärbenden Stärkekörnern beobachtet, unmöglich. Das Blau geht nie durch Grün, sondern immer durch reines Violett und reines Roth in Orange oder Braungelb und Gelb über. Daraus folgt, dass das Jod mit der nämlichen Stärke nicht nur eine blaue, sondern auch eine violette, eine rothe, eine orangefarbene und eine gelbe Verbindung bilden kann. Es folgt daraus, dass

das Jod, ehe es die blaue Jodstärke verlässt, zuerst seine Anordnung bezüglich der kleinsten Theilchen der Stärke verändert, und daher mehrere andere, aber eigenthümliche Farben hervorbringt.

Es giebt noch verschiedene Erscheinungen von ähnlichen Farbenveränderungen an dem nämlichen Stärkekorn, die zum Theil wenigstens auf die gleiche Weise zu erklären sind.

---

(1) Es ist hier vollkommen gleichgültig, ob es eine chemische oder physikalische Verbindung (Diffusion) sei. Beide werden durch Molecularanziehung bedingt und unterscheiden sich nur dadurch, dass die erstere nach Aequivalenten, die letztere nach beliebigen Verhältnissen stattfindet.

[redacted]

Wenn man Kartoffelstärkekörner, welche durch Jod und destillirtes Wasser gefärbt wurden, trocknen lässt, so behalten die meisten, wie schon bemerkt wurde, die unveränderte indigoblaue Farbe. Aber gewöhnlich findet man auf dem Präparat ausserdem eine grössere oder geringere Zahl von Körnern, welche violett, roth, kupferroth, braunroth, braun und selbst gelblichbraun sind. Dieselben befinden sich in der Regel dem Rande des Präparates entlang, und oft bemerkt man deutlich, dass diejenigen, die am meisten der Peripherie genähert sind, auch am meisten ihre Farbe geändert haben.

Die Ursache der Verfärbung ist ohne Zweifel theilweise darin zu suchen, dass in diesen Körnern schon vor dem Eintrocknen das Jod anfieng zu entweichen, und daher seine frühere Anordnung mit einer andern vertauschte. Dafür spricht besonders auch die Thatsache, dass es Körner giebt, bei denen nur noch die innere Masse braungelb oder kupferroth gefärbt, die Rinde farblos ist. Eine andere Ursache, die ebenfalls mitwirkt und in der Bildung von Jodwasserstoffsäure besteht, werde ich später erörtern.

Ein Tropfen flüssigen Weizenstärkekleisters auf dem Objectträger färbt sich durch Jod schön indigoblau. Wenn derselbe am Rande anfängt einzutrocknen, so ist die trockene Substanz violett, und sowohl für das unbewaffnete als für das bewaffnete Auge deutlich verschieden von der befeuchteten Masse. Bei abermaliger Benetzung mit Wasser geht die violette Färbung wieder in Reinblau über.

Frischer Kartoffelstärkekleister wurde auf drei Objectträgern durch einige Stückchen Jod indigoblau bis schwarzblau gefärbt; dann liess ich die drei Präparate mit überschüssigem Jod bei verschiedener Temperatur eintrocknen, nämlich bei 1°, bei 16° und bei etwa 70° C. Trocken waren die Präparate vollkommen gleich. Durchfallendes Licht zeigte sie schön indigoblau bis schwarzblau, ganz wie in

befeuchtetem Zustande; bei auffallendem Lichte erschien eine Kupferbronzefarbe mit schönem Metallglanze. Letztere Erscheinung wurde ohne Zweifel durch das freie (nicht mit der Stärke verbundene) Jod hervorgebracht, welches von dem festen Kleister mechanisch eingeschlossen wurde. Denn als ich ein Präparat mit Wasser übergoss und eintrocknen liess, so verminderte sich der Metallglanz, und nachdem ich die Operation einige Male wiederholt hatte, war er gänzlich verschwunden. Ein anderes Präparat blieb fünf Wochen vollkommen unverändert.

Das im Ofen getrocknete Präparat verdankte seine reinblaue Farbe offenbar nur dem überschüssigen Jod; denn eine gleiche Temperatur genügt, um gebläute Stärkekörner braun und gelb zu färben. Um übrigens Gewissheit darüber zu erlangen, wurde eine Partie des nämlichen Kleisters durch Jod intensiv blau gefärbt (also nicht gesättigt) und auf zwei Objectträger vertheilt. Das eine Präparat trocknete bei Zimmertemperatur ein und behielt seine blaue Farbe; das andere trocknete im Ofen und wurde violett bis roth.

Stark gekochter, 8 Tage alter Kartoffelstärkekleister wurde mit einigen Stückchen Jod auf den Objectträger gebracht und trocknete hier ein. Er erschien blau, so lange er feucht war. Trocken hatte das ganze Präparat eine rothe, ins Orange gehende Farbe, mit Ausnahme des Randes, welcher blau und violett war. Ein Tropfen Wasser, welcher auf die orangerothe Fläche gebracht wurde, färbte schön indigoblau; beim Eintrocknen nahm die benetzte Stelle wieder die ursprüngliche orangerothe Farbe an; aber ihr Rand blieb violett bis blau. Dieser Versuch wurde mehrmals mit gleichem Resultate wiederholt; nach jeder Benetzung blieb also auf der rothen Fläche ein blauer Ring zurück, welcher die Grenze der benetzten und nun wieder trocknen Stelle bezeichnete.

Die rothe Farbe rührt nach meiner Ansicht daher, dass

[redacted]

das Jod anfieng zu entweichen und im Moment des Eintrocknens die Anordnung seiner Theilchen zu den Substanztheilchen veränderte. Frischer Kartoffelstärkekleister, der mit Jod gefärbt wird und dann eintrocknet, behält gewöhnlich seine blaue Farbe. Das abweichende Resultat dieses Versuches rührt daher, dass der Kleister zum Theil in Dextrin übergegangen und die übrigbleibende Stärke daher reicher an Cellulose war. Dass der Rand sich anders verhielt und nach dem Trocknen eine andere Farbe zeigte als die übrige Fläche des Präparats, ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Ich werde später auf die Ursache derselben zurückkommen.

Von dem nämlichen Kartoffelstärkekleister breitete ich 8 Tage später auf 3 Objectträgern je einen Tropfen aus und liess ihn mit einigen kleinen Jodkrystallen bei verschiedenen Temperaturen (1°, 18° und etwa 70° C.) eintrocknen. Nach dem Trocknen waren alle 3 Präparate vollkommen gleich, von braunrother Farbe, mit schmalem blauviolettem Rande. Letzterer zeigte sich an manchen Stellen deutlich aussen indigoblau, innen violett. Ein Tropfen Wasser färbte die braunrothe Masse violett; nach dem Wiedereintrocknen zeigte diese Stelle einen sehr schmalen blauvioletten Rand.

Vierzehntägiger starkgekochter Weizenstärkekleister trocknete mit einigen Jodstückchen auf einem Objectträger ein. Das Präparat war stellenweise rothviolett, stellenweise blauviolett. Eine blauviolette Stelle änderte, mit Wasser befeuchtet, ihre Farbe nicht, sie wurde aber nach dem Eintrocknen rothviolett. Eine rothviolette Stelle wurde durch Benetzen blauviolett, nach dem Eintrocknen wieder rothviolett, und zwar röther als vorher. Wenn das Benetzen und Eintrocknen wiederholt stattfand, ging die Farbe immer mehr in Roth und dann in Braunroth über; dabei nahm sie natürlich an Intensität ab. Das Jod verdunstete und veränderte bei jedesmaligem Eintrocknen die Anlagerung seiner Theilchen mehr. Auch bei diesem Versuche zeigten die Ränder der eintrock-

nenden benetzten Stellen eine andere und zwar eine blauere Färbung. Wurde z. B. eine rothviolette Stelle befeuchtet, so war dieselbe nach dem Wiedereintrocknen roth und hatte einen schmalen violetten Rand. Derselbe war also blauer als vor dem Befeuchten.

Der nämliche Weizenstärkekleister, welcher 8 Tage früher auf einem Objectträger mit Jod eintrocknete, war stellenweise braungelb, braunroth, roth und violett gefärbt. Beim Befeuchten mit Wasser wurde das ganze Präparat schön violettblau. — Ueber die Ursachen, warum das nämliche Präparat an verschiedenen Stellen die verschiedensten Farben zeigen kann, und warum die Präparate unter einander sich ungleich verhalten, bin ich nicht ganz sicher.

Ich will noch eines Versuches mit flüssigem Kartoffelstärkekleister, welcher mittelst verdünnter Schwefelsäure bereitet worden war und eine reichliche Menge gelösten Dextrins enthielt, erwähnen. Die Schwefelsäure, welche in der Flüssigkeit enthalten war, wurde durch kohlensauren Kalk neutralisirt. Ein Tropfen des Kleisters trocknete mit einigen Jodstückchen auf einem Objectträger ein. Das Präparat war abwechselnd rothviolett und indigoblau, und zwar in der Weise, dass die blaue Farbe auf der rothvioletten Fläche Inseln bildete, deren Mittelpunkt je ein Jodsplitter war. Die indigoblaue Farbe ging ringsum allmählich in die rothviolette über. Beide Töne wurden nicht etwa durch die Menge des eingelagerten Jods bedingt, denn manche rothviolette Stellen waren viel intensiver gefärbt als manche blaue. Ich vermuthe, dass die einen Stellen blau wurden, weil sie mit überschüssigem Jod eintrockneten, die andern rothviolett, weil das Jod daselbst anfing aus der Substanz zu entweichen; und vielleicht gilt diese Erklärung zum Theil auch für die verschiedenen Farben der vorhergehenden Versuche.

Es wurde bei den Beobachtungen über das Eintrocknen der Jodpräparate mehrmals erwähnt, dass der Rand anders

[redacted]

gefärbt sei, als die ganze übrige Fläche. Jener hat oft eine rothe und gelbe Farbe, während diese blau ist; zuweilen auch findet das Umgekehrte statt, jener ist blau und violett, diese roth bis gelb. Man könnte, um diese Verschiedenheit des Randes und der Fläche zu erklären, die Vermuthung hegen, dass die Verhältnisse der Verdunstung und der Capillarität ungleich seien, weil der Flüssigkeitstropfen sich am Umfang verflache. Aber damit wäre nicht erklärt, warum der Rand das eine Mal blauer, das andere Mal gelber als das übrige Präparat ist, noch auch warum auf einem grossen trockenen Präparat eine kleine benetzte Stelle beim Eintrocknen desgleichen ihren Rand anders färbt. Jedenfalls kommt noch eine andere Ursache hinzu; und dieselbe besteht ohne Zweifel in der Bildung von Jodwasserstoffsäure.

Ich werde erst, wenn ich von der Färbung der Zellmembranen durch Jod sprechen werde, die Bildung der Jod wasserstoffsäure und ihre Wirkung erörtern. Vorläufig bemerke ich hier, dass immer in wässeriger Jodlösung, wenn dieselbe mit organischen Verbindungen in einem flachen Tropfen ausgebreitet ist, Jodwasserstoffsäure entsteht, und dass die Bildung derselben durch das Eintrocknen des Präparats befördert wird. Nun ist es eine allgemeine Erscheinung, dass auf einer befeuchteten Stelle von bestimmter Begrenzung die löslichen Stoffe sich längs des Randes anhäufen, wesswegen sie nach dem Trocknen einen stärker gefärbten Rand zeigt, wie es Jedermann von Kaffee-, Bier- und andern Flecken her bekannt ist.

In dem vorliegenden Falle findet also eine Anhäufung der Jodwasserstoffsäure am Rande des Präparats oder der benetzten Stelle auf dem trockenen Präparate statt; und wenn ein anderer löslicher Stoff vorhanden ist, so sammelt sich derselbe in gleicher Weise in grösserer Menge an der Peripherie an. Desswegen zeigen die hier befindlichen Stärkekörner häufig Quellungserscheinungen, die den übrigen mangeln.

Die Jodwasserstoffsäure hat nun aber auf eine mit Jod

durchdrungene eintrocknende Substanz je nach der chemischen Beschaffenheit der letztern eine ungleiche Wirkung. Stärke, welche durch Jod und Wasser blau gefärbt wird, verändert beim Eintrocknen mit Jodwasserstoffsäure ihre blaue Farbe in Roth und Gelb. Die cellulosereichen Schichten der Stärkekörner und vieler Zellmembranen dagegen, welche durch Jod und Wasser nicht oder gelb bis braunroth sich färben, nehmen, wenn sie mit Jodwasserstoffsäure eintrocknen, einen violetten oder blauen Ton an. Daraus erklären sich die in entgegengesetzter Weise gefärbten Ränder bei den früher mitgetheilten Versuchen. Ueber die letztgenannte Wirkungsweise der Jodwasserstoffsäure verweise ich auf die spätern Mittheilungen. Ueber die erstere will ich hier noch einige Bemerkungen beifügen.

Wenn man zwei Präparate von Kartoffelstärkemehl anfertigt, und das eine durch Jod und Wasser, das andere durch Jod und verdünnte Jodwasserstoffsäure färbt, so dass beide einen gleich intensiven reinblauen Farbenton besitzen, wenn man schliesslich die beiden Präparate neben einander eintrocknen lässt, so verhalten sich beide ziemlich verschieden. Das durch Jod und Wasser gefärbte Kartoffelstärkemehl bleibt im trockenen Zustande vollständig oder doch weitaus zum grössten Theile blau. Das durch Jod in Jodwasserstoffsäure gefärbte wird violett, rothviolett, braunroth, gelb, je nach der Concentration der Säure, indem viel Wasser und wenig Säure violette und rothe, mehr Säure dagegen braune und gelbe Töne bedingen.

Wie Jodwasserstoffsäure verhält sich ferner Jodkalium. Je mehr von dem letztern in der Stärke enthalten ist, um so mehr hat sie das Bestreben beim Eintrocknen orangefarbene und gelbe Töne anzunehmen. Auch verschiedene Salze (z. B. Bittersalz) üben die gleiche Wirkung, wie ich im nächsten Artikel zeigen werde.

[redacted]

Aus diesen Thatsachen können wir also die Regel herleiten,

dass blaugefärbte Stärke, die bloss von Wasser und Jod durchdrungen ist, beim Trocknen ihre Farbe behält, dass sie aber, wenn sie ausserdem eine andere Substanz aufgenommen hat, gewöhnlich ihre Farbe ändert, und dass der Grad der Farbenänderung (durch Violett, Roth und Orange zu Gelb) mit der Menge der aufgenommenen Substanz im geraden Verhältniss steht.

Die Farben, welche bisher erörtert wurden, rühren ausschliesslich vom Jod her, weil die allfällig vorhandenen, die Stärke durchdringenden Substanzen farblos sind. Es versteht sich, dass wenn eine gefärbte Verbindung in der Stärke enthalten ist, dieselbe den vom Jod hervorgebrachten Ton modificiren muss. Dies ist in einzelnen Fällen zu berücksichtigen und daraus sind einige abweichende Erscheinungen zu erklären. Ich will ein Beispiel anführen.

Wenn man durch Jod und Wasser gebläutes Kartoffelstärkemehl vermittelst Ammoniak entfärbt, so sieht man oft dass die Körner durch Hellviolett in den farblosen Zustand übergehen, ganz in normaler Weise wie auch die Entfärbung im Wasser vor sich geht. Andere Male dagegen werden die Körner zuerst ganz oder theilweise blaugrün und dann farblos; es giebt solche, die aussen violett, innen blaugrün, andere die durch und durch blaugrün sind. Der Ton ist matt und schmutzig und rührt von einem Niederschlag von Jodstickstoff her. Zuweilen ist dieser Niederschlag so fein, dass man die Körnchen nicht unterscheidet; zuweilen indessen nimmt man sie deutlich wahr. An einzelnen Stärkekörnern bemerkte ich, dass die weichen Schichten mit winzigen Körnchen erfüllt und dunkel waren, während die dichten hell und nicht granulirt erschienen. Besonders aber ist es die Höhlung des Kerns und die von derselben ausgehenden

Risse, welche mit dem körnigen Niederschlag gefüllt sind. Derselbe erscheint schwarz und eine Farbe ist daran nicht zu erkennen. Ohne Zweifel hat er aber bei grosser Verdünnung einen gelben Ton und daher giebt er mit der blauvioletten Jodstärke eine blaugrüne Farbe.

VI. Farben der Jodstärke, wenn eine andere Substanz dieselbe durchdringt.

Es giebt eine Reihe von Erscheinungen, welche darthun, dass die nämliche Stärke durch die An- oder Abwesenheit einer andern löslichen Substanz veranlasst werden kann, mit Jod verschiedene Farben anzunehmen. Destillirtes Wasser und Jod färben die Kartoffelstärke rein blau; verschiedene lösliche Stoffe, mit denen man das Wasser versetzt, rufen andere Töne hervor, wobei es in der Regel einen Unterschied begründet, ob der lösliche Stoff erst in das Wasser gegeben wird, in welchem sich schon die blaue Jodstärke befindet, oder ob das Jod erst in das Stärkekorn eindringt, wenn dasselbe schon mit der fraglichen Lösung imbibirt ist.

Sehr energisch wirken auf die Farbe der Jodstärke Jodmagnesium, Jodammonium und Jodkalium. Um den Einfluss des erstern zu prüfen, wendete ich kohlensaure Bittererde an. Ich brachte eine ziemliche Menge dieses Salzes mit einem Tropfen Wasser auf den Objectträger, legte Kartoffelstärkemehl hinein und fügte einige Stückchen metallisches Jod bei. Das sich lösende Jod bewirkt zuerst eine Zersetzung in der kohlensauren Bitterde, indem sich Jodmagnesium bildet. In der Jodmagnesiumlösung ist eine grössere Menge Jod löslich als im Wasser. Die Jodlösung breitet sich langsam um die Jodsplitter aus. Bei diesem Versuch färben sich zuerst viele Stärkekörner braungelb bis braun; später findet man ausserdem rothviolette und violette, und zuletzt auch indigoblaue Körner. Verfolgt man diese ver-

[redacted]

schiedenen Reactionen genauer, so zeigt sich, dass dieselben davon abhängen, ob das Stärkemehl mehr oder weniger weit von einem Jodstückchen entfernt liegt und somit früher oder später gefärbt wird. Da das Jod sich langsam löst und durch Diffusion langsam ausbreitet, so kann man bequem den Färbungsprocess Schritt für Schritt verfolgen.

Die Stärkekörner, welche dicht neben einem Jodsplitter liegen, nehmen einen gelben und bei intensiverer Färbung einen braungelben Ton an. Darauf färben sich die in nächster Nähe befindlichen goldgelb und feuerroth, bei intensiver Einwirkung braun oder braunroth. Nachher folgen die etwas weiter abliegenden mit rein rother Farbe. Später werden die noch mehr entfernten Körner violett, und zuletzt die entferntesten blau gefärbt.

Es lassen sich demnach um einen Jodsplitter Zonen unterscheiden. Die Färbung durch Jod ist um so gelber, je näher die Zone, um so blauer, je weiter sie von dem Jodsplitter abliegt. Dabei ist noch zu bemerken, dass die innersten Zonen am schmälsten sind und dass auch der Zeit nach der Uebergang von einer derselben zur andern verhältnissmässig schnell erfolgt, dass die äussersten Zonen dagegen die breitesten sind und dass dort die Färbung sehr langsam von der einen zur andern fortschreitet.

Beim Eintrocknen behalten die verschiedenen Regionen des Präparates ziemlich ihre Farbe, doch so, dass das Blau violetter, das Violett röther, das Roth gelber wird. Beim Befeuchten mit Wasser werden alle Körner indigoblau gefärbt und nehmen bei abermaligem Eintrocknen wieder die frühere Farbe an. Fixirt man ein Korn, das im trockenen Zustande gelb ist, so sieht man wie dasselbe beim Befeuchten zuerst orangefarben, dann roth, nachher violett und zuletzt blau wird. Beim Eintrocknen wird die gleiche Farbenskale in umgekehrter Ordnung durchlaufen.

Wie Jodmagnesium wirkt auch Jodammonium. Wenn

man in concentrirtes wässeriges Ammoniak soviel metallisches Jod giebt, dass man eine gesättigte Lösung von Jod in Jodammonium erhält, so wird trockenes Kartoffelstärkemehl dadurch braunroth gefärbt. Nach dem Eintrocknen wird es braunorange und goldgelb, nach Befeuchten mit der nämlichen Lösung roth und braunroth. Benetzen mit Wasser bewirkt sogleich rein blaue Färbung.

Verdünnt man die Lösung von Jod in Jodammonium mit mehr oder weniger Wasser, so kann man dem trocknen Kartoffelstärkemehl dadurch jeden Farbenton zwischen Braunroth und Blau (Rothviolett, Violett, Blauviolett) ertheilen; eine grössere Menge Wasser ändert die Farbe nach Blau, eine geringere nach Roth.

Noch energischer modificirt Jodkalium die Färbung der Jodstärke. Jod in verdünnter Jodkaliumlösung verleiht dem Kartoffelstärkemehl eine schön blaue Farbe. Lässt man die Jodkaliumlösung nach und nach concentrirter werden, so treten mit dem abnehmenden Wassergehalt violette, rothe, kupferrothe, rothbraune und zuletzt braungelbe und gelbe Töne auf. Man kann endlich die Jodkaliumlösung so concentrirt machen, dass sie mit dem darin gelösten Jod nicht mehr in die trockenen Stärkekörner einzudringen und dieselben zu färben vermag.

Von Salzen habe ich ausserdem nur schwefelsaure Bittererde, Glaubersalz und Kochsalz rücksichtlich ihres Verhaltens zur Färbung durch Jod untersucht. Sie geben analoge aber doch weniger auffallende Erscheinungen. Die Versuche wurden in gleicher Weise angestellt wie die mit kohlensaurer Magnesia. Ich legte die trockenen Kartoffelstärkekörner auf dem Objectträger in eine gesättigte Auflösung mit überschüssigem Salz, und nach 15—20 Minuten brachte ich einige Stückchen Jod in dieselbe. In der Bittersalzlösung wurden die zunächst liegenden Stärkekörner roth, braunroth oder braunorange, die etwas entferntern violett, die übrigen

[redacted]

blau; die Färbung schreitet äusserst langsam fort. — Die Kochsalzlösung verhält sich ebenso; nur verbreitet sich das Jod viel rascher. In der Glaubersalzlösung zeigen sich bloss violette und blaue Töne. — Wenn man das in gesättigter Bittersalzlösung liegende Präparat mit ziemlich wasserhaltigen Lösungen von Jod in Weingeist, Jodkalium oder Jodwasserstoffsäure, die das Stärkemehl sonst blau färben, übergiesst, so erhält man braungelbe, orangefarbene, braune und braunrothe Töne.

Lässt man die Präparate eintrocknen, so behalten die verschiedenen Regionen zuweilen beinahe ihre unveränderte Farbe. Indessen neigen auch hier meistens entschieden die blauen Töne mehr zu Violett, die violetten zu Roth, die rothen zu Orange und die orangefarbenen zu Gelb hin. Benetzt man das trockene Präparat mit der gesättigten Salzlösung, so nehmen die Farben wieder den ursprünglichen Ton an. Es findet also wieder eine merkliche Farbenveränderung nach Blau hin statt.

Wenn das trockene Präparat statt mit gesättigter Salzlösung mit reinem Wasser befeuchtet wird, so gehen alle Farben in reines Blau über. Ebenso werden in dem feuchten Präparat durch Zusatz von reinem Wasser, indem dasselbe der Stärke das Salz entzieht, die verschiedenen Farben rasch in Blau umgewandelt.

Stellt man den Versuch so an, dass man die Stärkekörner durch Jod zuerst blau färbt, dann eintrocknen lässt und nachher gesättigte Salzlösung zusetzt, so bleibt die blaue Färbung beinahe unverändert. Nach einmaligem oder wiederholtem Eintrocknen erhält man neben blauen auch violette, rothe, stellenweise selbst braungelbe Töne. Die Versuche wurden mit den nämlichen Salzen angestellt. Dabei zeigte sich ebenfalls, dass Kochsalz und Glaubersalz nur sehr geringe, Bittersalz bedeutendere Farbenveränderungen hervorbrachte.

Von den Erscheinungen, welche die Salze an der Jod-

man in concentrirtes wässeriges Ammoniak soviel metallische Jod giebt, dass man eine gesättigte Lösung von Jod in Joc ammonium erhält, so wird trockenes Kartoffelstärkemel dadurch braunroth gefärbt. Nach dem Eintrocknen wird (braunorange und goldgelb, nach Befeuchten mit der nän lichen Lösung roth und braunroth. Benetzen mit Wass(bewirkt sogleich rein blaue Färbung.

Verdünnt man die Lösung von Jod in Jodammoniu mit mehr oder weniger Wasser, so kann man dem trockn(Kartoffelstärkemehl dadurch jeden Farbenton zwischen Brau roth und Blau (Rothviolett, Violett, Blauviolett) ertheile eine grössere Menge Wasser ändert die Farbe nach Bla eine geringere nach Roth.

Noch energischer modificirt Jodkalium die Färbung c Jodstärke. Jod in verdünnter Jodkaliumlösung verleiht d(Kartoffelstärkemehl eine schön blaue Farbe. Lässt man (Jodkaliumlösung nach und nach concentrirter werden, treten mit dem abnehmenden Wassergehalt violette, rot kupferrothe, rothbraune und zuletzt braungelbe und ge Töne auf. Man kann endlich die Jodkaliumlösung so c centrirt machen, dass sie mit dem darin gelösten Jod ni mehr in die trockenen Stärkekörner einzudringen und die ben zu färben vermag.

Von Salzen habe ich ausserdem nur schwefelsaure Bit erde, Glaubersalz und Kochsalz rücksichtlich ihres Verhal zur Färbung durch Jod untersucht. Sie geben analoge a doch weniger auffallende Erscheinungen. Die Versuche v den in gleicher Weise angestellt wie die mit kohlensa Magnesia. Ich legte die trockenen Kartoffelstärkekörner dem Objectträger in eine gesättigte Auflösung mit übersc sigem Salz, und nach 15—20 Minuten brachte ich ei Stückchen Jod in dieselbe. In der Bittersalzlösung wu die zunächst liegenden Stärkekörner roth, braunroth braunorange, die etwas entferntern violett, die übı

blau; die Färbung schreitet äusserst langsam fort. — Die Kochsalzlösung verhält sich ebenso; nur verbreitet sich das Jod viel rascher. In der Glaubersalzlösung zeigen sich bloss violette und blaue Töne. — Wenn man das in gesättigter Bittersalzlösung liegende Präparat mit ziemlich wasserhaltigen Lösungen von Jod in Weingeist, Jodkalium oder Jodwasserstoffsäure, die das Stärkemehl sonst blau färben, übergiesst, so erhält man braungelbe, orangefarbene, braune und braunrothe Töne.

Lässt man die Präparate eintrocknen, so behalten die verschiedenen Regionen zuweilen beinahe ihre unveränderte Farbe. Indessen neigen auch hier meistens entschieden die blauen Töne mehr zu Violett, die violetten zu Roth, die rothen zu Orange und die orangefarbenen zu Gelb hin. Benetzt man das trockene Präparat mit der gesättigten Salzlösung, so nehmen die Farben wieder den ursprünglichen Ton an. Es findet also wieder eine merkliche Farbenveränderung nach Blau hin statt.

Wenn das trockene Präparat statt mit gesättigter Salzlösung mit reinem Wasser befeuchtet wird, so gehen alle Farben in reines Blau über. Ebenso werden in dem feuchten Präparat durch Zusatz von reinem Wasser, indem dasselbe der Stärke das Salz entzieht, die verschiedenen Farben rasch in Blau umgewandelt.

Stellt man den Versuch so an, dass man die Stärkekörner durch Jod zuerst blau färbt, dann eintrocknen lässt und nachher gesättigte Salzlösung zusetzt, so bleibt die blaue Färbung beinahe unverändert. Nach einmaligem oder wiederholtem Eintrocknen erhält man neben blauen auch violette, rothe, stellenweise selbst braungelbe Töne. Die Versuche wurden mit den nämlichen Salzen angestellt. Dabei zeigte sich ebenfalls, dass Kochsalz und Glaubersalz nur sehr geringe, Bittersalz bedeutendere Farbenveränderungen hervorbrachte.

Von den Erscheinungen, welche die Salze an der Jod-

stärke bewirken, ist offenbar die auffallendste die, dass Stärkekörner, welche dem nämlichen Präparat angehören, welche somit von der gleichen Salzlösung durchdrungen sind und sich auch sonst unter gleichen Verhältnissen befinden, mit Jod ganz ungleiche Farben annehmen können. Die einzige Verschiedenheit zwischen diesen Körnern besteht darin, dass sie in Jodlösungen von ungleicher Concentration liegen und daher das Jod ungleich rasch aufnehmen. Man könnte geneigt sein in folgender Betrachtung eine Erklärung zu finden. Von den verschiedenen Jodstärkeverbindungen entspricht offenbar die blaue der stärksten, die gelbe der schwächsten Affinität. Das Salz, welches die Substanz der Körner durchdringt, verhindert die günstigste Zusammenordnung der Jod- und Stärketheilchen um so leichter, je schneller dieser Process stattfindet. Geht er aber sehr langsam vor sich, so können die eintretenden Jodtheilchen das Salz verdrängen und diejenige Einlagerung annehmen, welche der stärksten Verwandtschaft entspricht.

Daher weichen die den Jodsplittern zunächst liegenden Körner, welche die concentrirteste Jodlösung erhalten und daher ihre Jodmenge in kürzester Zeit aufnehmen, am meisten von der blauen Farbe ab. Auch beobachtet man nicht selten, dass Körner, die gleichweit von einem Jodkrystall entfernt sind, aber in ungleichen Schichten der Flüssigkeit sich befinden, ungleich schnell gefärbt werden, und dabei zeigt sich immer, dass diejenigen, welche zuletzt und am langsamsten das Jod einlagern, am meisten sich dem reinblauen Ton nähern. Uebergiesst man das in Bittersalzlösung liegende Stärkemehl mit verschiedenen Jodlösungen, so bewirken die concentrirteren Lösungen, in welchen die Färbung am schnellsten vor sich geht, auch Farbentöne, die am weitesten von Blau abweichen. Ich kann überdem noch folgende übereinstimmende Beobachtung beifügen.

Die durch Jod violettgefärbten Stärkekörner des trockenen Glaubersalzpräparats wurden mit weingeistiger Jodlösung

[redacted]

übergossen, wobei sie natürlich kein Jod aufnahmen und auch ihre Farbe nicht veränderten, da sie von Alkohol nur sehr schwach durchdrungen werden. Als ich nun aber gesättigte Glaubersalzlösung zufügte, ging das Violett durch rothe und braune Töne in Schwarz über. Ebenso wurden die rothvioletten, violetten und blauen Stärkekörner des trockenen Bittersalzpräparates rothbraun bis rothgelb gefärbt, als ich Jodkaliumjodlösung zusetzte. Durch alle diese Thatsachen wird bewiesen, dass von Salz durchdrungene Stärkekörner, wenn man denselben eine concentrirtere Jodlösung zuführt, eine mehr ins Braune und Gelbe gehende Farbe annehmen, als wenn sie mit einer weniger concentrirten (z. B. bloss mit einer gesättigten wässerigen) Jodlösung in Berührung sind.

Die übrigen Erscheinungen, welche die in Salzlösungen befindlichen Stärkekörner darbieten, stimmen mit anderweitig festgestellten Thatsachen überein. Beim Eintrocknen der Jodstärke findet, wie ich im vorhergehenden Artikel gezeigt habe, um so eher eine Farbenänderung statt, je grösser die Menge fremdartiger Substanzen ist, welche die Stärke durchdringt. Dass Befeuchten des trockenen Präparates mit gesättigter Salzlösung die ursprüngliche Farbe wieder herstellt und Befeuchten mit reinem Wasser blau färbt, bedarf keiner weitern Erörterung.

Es giebt andere Verbindungen, welche die Jodfärbung der Stärkekörner viel energischer modificiren als die neutralen Salze, wo aber unter Umständen zwei Wirkungen zusammentreffen, die der Entfärbung und die der Anwesenheit einer fremden Substanz. Hieher gehören die Jodsäure, das chlorsaure Kali, der Harnstoff und die Schwefelsäure.

Durch Jod und Wasser blau gefärbte Kartoffelstärkekörner werden nach Zusatz von Jodsäure zuerst violettroth, dann kupferroth oder braunroth, orange oder braungelb, gelb und zuletzt farblos. Trockene Jodstärke verhält sich

ganz ebenso, wenn sie mit Jodsäure übergossen wird; die Stärkekörner quellen dabei nicht auf.

Diese Erscheinung kann auf Entfärbung beruhen; denn indem die Farbe aus Blau durch Roth in Gelb übergeht, wird sie heller und verschwindet. Die Jodsäure oxydirt das Jod. Wenn man wässerige Jodlösung mit Jodsäure vermischt, so verändert sie die Farbe nur wenig, hat aber die Eigenschaft Stärke zu färben verloren.

Doch kann die beschriebene Farbenänderung auch durch die Anwesenheit der Jodverbindungen erklärt werden, wofür folgende Beobachtung spricht. Legt man einige Stückchen metallisches Jod mit Stärkemehl in einen Tropfen verdünnter Jodsäure, so bleiben die Stärkekörner lange ungefärbt, weil das sich lösende Jod sofort oxydirt wird. Ist aber alle Jodsäure für Bildung niederer Oxydationsstufen verwendet, so fangen diejenigen Körner, welche zunächst bei den Jodstückchen liegen, langsam an sich zu färben. Sie werden je nach Umständen (Wassergehalt der Lösung etc.) gelb, orange, roth, violett.

Man könnte vermuthen, dass die Modificationen in der Färbung eine Folge von chemischer Umsetzung im Stärkemehl wären, welche die oxydirende Wirkung der Jodsäure hervorgerufen hätte. Dass dem aber nicht so ist, ergiebt sich aus der Thatsache, dass braune und gelbe Stärkekörner in Wasser einen reinblauen Ton annehmen, und dass die durch Braun und Gelb in den farblosen Zustand übergegangene Stärke sich durch wässrige Jodlösung wieder indigoblau färbt. Diese Restitution der blauen Jodstärke findet um so schneller und schöner statt, wenn man gleichzeitig behufs Neutralisation der Säuren Ammoniak anwendet.

Chlorsaures Kali bewirkt ähnliche Erscheinungen wie die Jodsäure. Es wurde eine Lösung desselben in Salpetersäure angewendet. Die blaue Jodstärke wird dadurch violett, roth oder kupferroth, braungelb oder orange und endlich farblos. Man kann oft an den einzelnen Stärkekörnern beobachten,

[redacted]

wie die Farbenänderung vom aussen nach innen fortschreitet, indem ein Korn z. B. aussen gelb, im Innern noch kupferroth ist. — Auch hier lässt sich der ursprüngliche blaue Ton durch Wasser oder wässrige Jodlösung wieder herstellen.

Die Wirkungsweise des chlorsauren Kalis ist ohne Zweifel die nämliche wie die der Jodsäure; es oxydirt das Jod. Versetzt man gesättigte wässerige Jodlösung mit chlorsaurem Kali, so entfärbt sich dieselbe nicht; aber sie kann die Stärke nicht mehr färben. Erst wenn Jod im Ueberschuss vorhanden ist, so wird dasselbe von der Stärke eingelagert, und zwar je nach dem geringern oder grössern Wassergehalt der Flüssigkeit mit gelben und braungelben oder mit kupferrothen und violetten Tönen.

Auch der menschliche Harn bewirkt analoge Farbenmodificationen in der Jodstärke. Durch Jod gefärbtes Kartoffelstärkemehl, welches nach dem Trocknen schön indigoblau war, wurde auf dem Objectträger mit Harn übergossen. Die Farbe blieb beinahe die nämliche. Nachdem das Präparat wieder eingetrocknet und zum zweiten Mal mit Harn befeuchtet worden war, zeigten sich manche Körner deutlich violett und nach abermaligem Eintrocknen rothviolett und braunroth. Wieder mit Harn befeuchtet und eingetrocknet zeigte das Präparat auch braungelbe und gelbe Körner; so dass nun in Folge ungleicher Einwirkung des Harns alle möglichen Farben an den verschiedenen Stärkekörnern sichtbar waren.

Beim Befeuchten des trockenen Präparates mit Harn trat immer eine deutliche Farbenänderung und zwar an allen Körnern ein. Die kupferrothen und rothvioletten wurden violett und indigoblau, die gelben und braungelben braunroth und kupferroth. Eine ebenso beträchtliche oder noch beträchtlichere Aenderung der Farbe in umgekehrter Richtung fand beim Eintrocknen des Präparats statt. — Befeuchten mit reinem Wasser stellt die blaue Jodstärke um so reiner und schöner wieder her, je vollständiger die Auswaschung geschieht.

Diese Erscheinungen sind auf Rechnung des Harnstoffs, nicht der Harnsäure zu setzen; wie die folgenden Versuche zeigen. Zu einem Präparat von Kartoffelstärkekörnern, welche durch Jod und Wasser intensiv indigoblau gefärbt waren, wurde Harnsäure zugesetzt. Nach mehrmaligem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser war keine Farbenänderung wahrzunehmen. — Ein ganz gleiches Präparat wurde mit Harnstoff versetzt. Nach dem Eintrocknen waren die Körner blau, violett und roth; nach dem Wiederbefeuchten blau und blauviolett. Als sie zum zweiten Male eingetrocknet waren, fanden sich auch rothbraune und selbst braungelbe Körner; und zwar waren dieselben auf dem unbedeckten Objectträger so angeordnet, dass die indigoblauen Körner in der Mitte, die braunen und braungelben am äussersten Rande des Präparats lagen, und dass die übrigen Farben ziemlich regelmässig nach Zonen angeordnet waren. — Auswaschen mit Wasser und Zusatz von Jod brachte wieder die ursprüngliche indigoblaue Farbe hervor.

Ich will indess nicht behaupten, dass der Harnstoff als solcher die Jodreaction der Stärke modificire; es ist möglich, dass unter dem Einfluss des Jod Zersetzungen eintreten, dass sich geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure bilden, und dass diese es sind, welche die Farbenänderungen vorzugsweise verursachen.

Eigenthümlich verhält sich die Schwefelsäure; und zwar sowohl desswegen, weil sie bei verschiedenen Concentrationsgraden ungleich wirkt, als auch desswegen, weil sie bei bestimmten Concentrationsgraden im ersten Stadium der Einwirkung eine andere Farbe der Jodstärke bedingt als im letzten Stadium. Bevor ich auf die Erscheinungen selbst eintrete, erinnere ich an das verschiedene Verhalten der Schwefelsäure überhaupt, wenn dieselbe bei ungleicher Concentration mit Stärkemehl in Berührung kommt, wie ich es in den „Stärkekörnern“ (pag. 138—156) dargelegt habe. Concentrirte Säure

[redacted]

dringt nicht in die Stärkekörner ein, sondern löst dieselben von der Oberfläche aus auf. Bei einem wenig geringern Concentrationsgrad dringt sie langsam in die Substanz ein und desorganisirt dieselbe, ohne sie aufquellen zu machen. Ein grösserer Wassergehalt endlich befähigt die Schwefelsäure sehr rasch in die Stärkekörner einzudringen und sie stark aufquellen zu machen.

Was nun die Jodstärke betrifft, so quillt dieselbe in mässig verdünnter Schwefelsäure auf. War sie vor der Einwirkung blau, so behält sie diese Farbe. Hatte sie eine andere Farbe, war sie z. B. durch Trocknen roth oder gelb geworden, so wird sie beim Aufquellen wieder rein blau. — Ist die Schwefelsäure ziemlich concentrirt, so dringt sie anfänglich in geringer Menge und nicht sehr rasch in die gebläute Jodstärke ein und färbt dieselbe orange oder feuerroth. Dann wird noch langsamer eine grössere Menge von Säure aufgenommen und die aufquellende Substanz färbt sich wieder indigoblau. Bei unbedeutend stärkerer Concentration wird dieser Farbenwechsel nicht beobachtet; die langsam eindringende Schwefelsäure verändert die Farbe der blauen Stärke nicht und bläut die rothe oder braungelbe Stärke. Folgende Versuche sind geeignet, dies zu zeigen.

Jodstärkemehl aus Kartoffeln, das in einem Tropfen Wasser auf dem Objectträger liegt, quillt durch concentrirte Schwefelsäure auf und färbt sich noch reiner blau, als es ursprünglich war. Sowie sich die Schwefelsäure in dem Wassertropfen verbreitet und somit wasserhaltiger wird, macht sie zwar die übrigen noch unveränderten Stärkekörner ebenfalls aufquellen, aber färbt sie violettblau und violett. — Hat man trockenes Jodstärkemehl auf dem Objectträger und befeuchtet man dasselbe durch verdünnte Schwefelsäure, so zeigen die aufquellenden Körner die gleichen Farben wie vorhin, sie mögen anfänglich blau, roth oder gelb gewesen sein. Die zuerst aufquellenden werden reinblau, die letzten violett.

Durch Jod gefärbtes Kartoffelstärkemehl wird auf dem Objectträger trocken gelegt, so dass nur das durch Capillarität anhängende Wasser zurückbleibt; dann wird ein Tropfen concentrirter Schwefelsäure zugesetzt. Die ersten Körner, die sie antrifft, werden sogleich, indem sie aufquellen, reinblau. Die späteren werden zuerst roth und orange, dann aufquellend blau. Der sich verbreitende Tropfen Schwefelsäure ist mit einer rothgelben Zone umsäumt. Zuletzt werden die aufquellenden Körner bloss noch violett.

Durch Jod gefärbtes und lufttrockenes Kartoffelstärkemehl zeigt ganz ähnliche Erscheinungen. Wenn dasselbe auf dem Objectträger gedrängt liegt, so verbreitet sich durch Capillarität eine äusserst dünne Schicht von Schwefelsäure über das Präparat, befeuchtet dasselbe und färbt es rothgelb. Ich sah binnen einer halben Stunde eine ziemlich grosse Fläche auf dem Objectträger feuerroth werden, während das Aufquellen und die Bläuung der Körner nachher mehr als 12 Stunden erforderte.

Betrachten wir nun das einzelne Korn näher, so zeigt es uns folgende Erscheinungen. Die Schwefelsäure dringt zunächst in sehr geringer Menge ein und bewirkt die Farbenänderung (von Blau in Orange). Dies geschieht immerhin so langsam, dass man zuweilen die von dem Umfange nach der Mitte des Korns fortrückende Wirkung verfolgen kann; dasselbe erscheint in diesem Stadium aussen orangefarben, innen blau oder violett. Die Quantität der eindringenden Menge ist so gering, dass sie keine wahrnehmbaren Quellungserscheinungen hervorruft; die Körner nehmen nicht an Volumen zu und lassen keine Schichtung deutlich werden. Stärkekörner, welche schon beim Trocknen orangefarben geworden, verändern ihre Farbe nicht.

Das Aufquellen und der abermalige Farbenwechsel (von Orange zu Blau) findet statt, sobald die Schwefelsäure in grösserer Menge bei einem Korn anlangt. Sie dringt all-

[redacted]

mählich ein und man kann die fortschreitende Wirkung diesmal mit viel mehr Muse verfolgen. Das feuerrothe Stärkekorn bekommt zuerst einen blauen Saum; der letztere wird immer mächtiger, indess der rothgelbe Kern abnimmt und verschwindet. Waren die trockenen Stärkekörner vor der Ankunft der Schwefelsäure violett oder roth, und quellen sie sogleich auf, so kann der von dem blauen Saum eingeschlossene Kern auch violett oder roth sein.

Das aufgequollene Stärkekorn hat eine dichtere, intensiv-, oft dunkelblaue Rinde, welche eine farblose weiche Masse einschliesst, zuweilen auch platzt und einen Theil der letzteren heraustreten lässt. Es gleicht vollkommen einer rundlichen Zelle mit blaugefärbter Membran, und viele gedrängt beisammenliegende Körner gewähren den täuschend ähnlichen Anblick eines Parenchyms, dessen Wände durch Schwefelsäure und Jod blau geworden sind. Das Jod verlässt also die ganze innere Masse und lagert sich in die dichtere Rinde ein. Diese Entfärbung tritt gewöhnlich schon vor dem gänzlichen Aufquellen ein. Der von dem blauen Saum eingeschlossene Kern wird nämlich, ehe er ganz verschwindet, sammt der umgebenden aufgequollenen Masse farblos.

Für die allfällige Wiederholung dieser Versuche bemerke ich, dass ihr Gelingen durch die günstigste Concentration der Schwefelsäure bedingt wird. Man wird dieselbe nach einigen Proben leicht finden.

Die Schwefelsäure wirkt also auf die blaue Jodstärke so ein, dass die erste Menge, welche eindringt, ohne noch ein Aufquellen zu veranlassen, die Anordnung der Jodtheilchen und somit die Farbe verändert. Diese Wirkung ist nicht zu beobachten an der allzu concentrirten Säure, weil sie nicht eindringt, noch an der allzu verdünnten, weil sie beim Eindringen sogleich das Aufquellen hervorruft. Die stark aufquellende innere Masse wird desorganisirt und zart granulirt; sie verliert ihr eingelagertes Jod vollständig. Die

äusserste Rinde quillt etwas weniger stark auf, bleibt geschichtet und färbt sich schön indigoblau. Dieses Verhältniss ändert sich nicht mehr. Wenn man das Präparat eine Woche lang stehen lässt, so bleibt die desorganisirte innere Masse, die aus vielen geplatzten Körnern zum Theil herausgetreten ist, vollkommen farblos; die geschichteten Hüllen sind gefärbt, bis sie nach und nach das eingelagerte Jod verloren haben. Daraus geht deutlich hervor, dass diese zu Jod eine grössere Verwandtschaft haben als die granulirte Masse. Diese indess besitzt ebenfalls die Fähigkeit, Jod aufzunehmen; denn sie färbt sich, wenn man ein Stückchen metallisches Jod in die Flüssigkeit legt, blau. — Die reinblaue Farbe der geschichteten cellulosereichen Hüllen rührt von der Wirkung der Schwefelsäure her. Wird die letztere weniger concentrirt, so ruft sie, wie ich angegeben habe, bloss noch eine blauviolette oder violette Reaction hervor.

Die bisher besprochenen, durch die Schwefelsäure bewirkten Erscheinungen betreffen Concentrationsgrade, welche die Stärkekörner aufquellen machen oder welche noch energischere Reactionen hervorrufen. Bringt man Kartoffelstärkemehl auf dem Objectträger in einen Tropfen Schwefelsäure von nur wenig geringerer Dichtigkeit (was man am Besten daran erkennt, dass bloss einzelne Körner Quellungserscheinungen zeigen, indess die übrigen unverändert bleiben) und legt man nach einiger Zeit ein Stückchen Jod auf das Präparat, so färben sich die zunächst liegenden Körner violett und rothviolett, die weiter abstehenden blau. Ist die Säure noch verdünnter, so werden die Differenzen in der Färbung bald unmerklich gering.

Besser als die Schwefelsäure eignet sich die Salzsäure zu einem solchen Versuch. Ihre Concentration muss ebenfalls derjenigen am nächsten kommen, welche die Stärkekörner aufquellen macht; es müssen also einzelne Körner aufquellen, die übrigen nicht. Ein Jodsplitter färbt die un-

[redacted]

mittelbar um ihn herumliegenden Körner roth, braun und orange, die etwas weiter abstehenden violett und die entfernteren blau. — Schwefelsäure und Salzsäure äussern also bei der angegebenen Concentration auf die Färbung des Stärkemehls durch Jod die gleiche Wirkung wie einige Haloid- und andere Mineralsalze.

Auch die Jodwasserstoffsäure reagirt sehr energisch auf die Nüancirung der Farbe. Jod in concentrirter Säure gelöst färbt die Kartoffelstärkekörner gelb und braungelb, in etwas weniger concentrirter braunroth und kupferroth, in noch mehr verdünnter Säure rothviolett und violett, endlich in ziemlich wasserhaltiger blau. Stärkemehl, welches durch die Anwesenheit einer concentrirteren Säure anders als blau gefärbt wurde, bläut sich sogleich bei Zusatz einer hinreichenden Wassermenge. Ich habe bereits angegeben, dass die blaue Jodstärke, welche bei Anwesenheit von etwas Jodwasserstoffsäure eintrocknet, je nach der Menge der letztern ihre Farbe mehr oder weniger ändert.

Von organischen Säuren untersuchte ich die Reaction der Essigsäure, Citronensäure und Oxalsäure. Kartoffelstärkemehl wurde auf dem Objectträger in einen Tropfen Essigsäure gelegt und nach 5—15 Minuten einige Jodsplitter zugefügt. Die nächsten Stärkekörner färbten sich violett und rothviolett, die entfernteren blau. — Bei gleichem Verfahren zeigten dagegen die von Citronensäure oder Oxalsäure durchdrungenen Kartoffelstärkekörner, wenn sie Jod einlagerten, alle den gleichen indigoblauen Farbenton.

Aus den vorstehenden Thatsachen ergeben sich folgende Resultate:

1) Verschiedene Substanzen, namentlich einige Salze und Säuren verhindern, wenn sie die Stärke durchdrungen haben, dass diese durch Jod und Wasser sich blau färbe, sie bedingen bei gerin-

gerer Wirkung rothviolette, bei stärkerer braungelbe Töne.

2) Die nämlichen Substanzen haben auch das Vermögen, aber jede für sich in bedeutend geringerem Maasse, die in Wasser liegende blaue Jodstärke anders (violett bis gelb) zu färben.

3) Eine chemische oder physikalische Umwandlung der Stärke findet dabei nachweisbar nicht statt; wenn sie mit Wasser ausgewaschen wird, so verhält sie sich wie unveränderte Stärke.

4) Wenn die Substanz, welche die Farbenänderung in der Jodstärke bedingt, letztere nachträglich aufquellen macht, so kann je nach Umstände Entfärbung oder Blau- und Violettfärbung eintreten.

Nachdem Vorstehendes bereits niedergeschrieben wa machte ich die Beobachtung, dass auch Glycerin und ande neutrale organische Verbindungen die Farbe der Jodstärl mehr oder weniger stark zu modificiren vermögen. In ei sehr concentrirte (dickflüssige) Glycerinlösung wurde trocken Kartoffelstärkemehl und einige Jodstückchen gelegt. D Glycerin nimmt das sich lösende Jod auf und wird allmä lich gelb. Die Stärkekörner färben sich sehr langsam. Di jenigen, welche sich zuerst in der nächsten Umgebung d Jodsplitter färben, werden blassbraun, nachher intensiv bra oder braunroth. Die weiter abstehenden werden rothviol und die entferntesten blauviolett.

Dabei ist noch zweierlei zu bemerken; erstlich, da unter übrigens gleichen Umständen die Körner um so schnel das Jod aufnehmen, je kleiner sie sind. Fixirt man irge eine Region, so sieht man zuerst die kleinsten, dann d mittelgrossen, zuletzt die grössten sich färben. Die letzte zeigen sich zuweilen noch vollkommen farblos, wenn d erstern schon intensiv violett sind.



Zweitens ist zu bemerken, dass das Jod äusserst langsam in der Substanz des Stärkekorns sich bewegt und daher eine dünne Rindenschicht schon intensiv gefärbt erscheint, während die ganze innere Substanz noch farblos ist. Dies ist an manchen Körnern sehr deutlich zu sehen, und man überzeugt sich davon namentlich leicht auch beim Vergleich mit solchen, die erst auf der einen Seite ihre äusserste Rinde gefärbt haben.

Man kann den Färbungsprocess noch verlangsamen, wenn man die Jodstückchen nicht in den Glycerintropfen selbst, sondern nur in dessen Nähe bringt. Die Joddämpfe färben zuerst die nächstliegenden Stärkekörner und nach und nach wird darauf der Rand der Flüssigkeit gelb. An den Körnern sieht man in diesem Falle aber keine wirklich braunen, sondern höchstens braunviolette und rothviolette Färbungen. Ueberdem beobachtet man bei dieser Behandlung oft eine deutliche Farbenänderung an dem einzelnen Korn, in der Art, dass es zuerst mehr rothviolett und zuletzt blauviolett wird. Diess hängt damit zusammen, dass zuerst die äussersten cellulosereichen Schichten das Jod aufnehmen und dem Roth das Uebergewicht geben. Wenn nachher die innere Masse von Jod durchdrungen wird, so giebt sie dem ganzen Korn eine mehr blaue Färbung.

Die langsame Verbreitung des Jod in den Stärkekörnern, welche von einer dichten Glycerinlösung durchdrungen sind, erklärt die bemerkenswerthe Erscheinung, dass wenn ein Jodkrystall in den Glycerintropfen mit Stärkemehl gelegt wird, zuerst die Flüssigkeit rings um denselben intensiv gelb wird und dass erst nach einiger Zeit die darin befindlichen Stärkekörner anfangen sich zu färben. Es dauert nämlich längere Zeit, bis das Jod in die Körner einzudringen vermag, während es sich verhältnissmässig rasch in dem Dextrintropfen ausbreitet. In einiger Entfernung von dem Jodkrystall dagegen färbt sich zuerst das Stärkemehl und erst

nachher das Glycerin. Ebenso nehmen, wenn Joddämpfe auf einen Tropfen Glycerin mit Stärkekörnern einwirken, die letztern zuerst das Jod in einer durch die Färbung bemerkbaren Menge auf. In den beiden letzten Fällen ist die Verbreitung des Jod so langsam geworden, dass die Stärkekörner die ihrer Verwandtschaft entsprechende Menge aus der Lösung sich aneignen können. In Uebereinstimmung hiermit entzieht auch das Stärkemehl einer durch Jod gelbgefärbten Glycerinlösung soviel Jod, dass dieselbe vollkommen farblos erscheint.

Wenn man Kartoffelstärkemehl durch Jod und Wasser blau färbt, dann das Wasser mittelst Fliesspapier entfernt und dafür concentrirte Glycerinlösung zusetzt, so ändert sich anfänglich die Farbe wenig. Nach 4 Tagen ist sie aber deutlich violett geworden.

Eine sehr concentrirte Zuckerlösung bewirkt ähnliche doch nicht so auffallende Erscheinungen wie das Glycerin. Ueberdem eignet sich der Zucker aus dem Grunde weniger, weil er in so dichter Lösung angewendet werden muss, dass dieselbe bei längerer Dauer des Versuchs eintrocknet, während die Glycerinlösung, falls sie anfänglich etwa zu verdünnt ist, bis auf die nöthige Concentration sich eindickt und dann unverändert bleibt.

Lässt man Zuckerlösung, in welcher sich Kartoffelstärkemehl befindet, auf dem Objectträger so weit eintrocknen, dass das Präparat stellenweise noch etwas klebrig ist, und bringt man dann den Objectträger in eine von Joddämpfen erfüllte Atmosphäre, so geht die Färbung sehr langsam vor sich. Nach 5 Tagen war die Mehrzahl der Körner noch ungefärbt; an einzelnen sehr trockenen Stellen waren dieselben blassbraun, in andern weniger trockenen Lagen blassviolett.

H. v. Mohl, welcher die Wirkung einer concentrirten Zuckerlösung zuerst beobachtete, schrieb dieselbe allein der durch sie bewirkten Wasserentziehung zu (Bot. Zeit. 1859.

[redacted]

p. 235). Ich halte diese Deutung entschieden für unrichtig. Dagegen spricht einmal der Umstand, dass, wie ich zeigte, die Stärkekörner sich ungleich färben, je nachdem sie das Jod schneller oder langsamer aufnehmen, obgleich sie alle gleich wenig Wasser enthalten. Diejenigen Kartoffelstärkekörner, welche weit entfernt von der Jodquelle in der concentrirten Glycerinlösung sich befinden und sich äusserst langsam färben, werden violettblau, und es ist zwischen ihnen und den mit reiner Indigofärbung begabten in Wasser liegenden Körnern nur ein geringer Unterschied wahrzunehmen. Bei der Entfärbung geht der Farbenton mehr auf Rothviolett.

Gegen die Ansicht Mohls spricht ferner die Thatsache, dass bei gleicher Behandlung die Zuckerlösung merklich concentrirter sein muss als die Glycerinlösung, damit das Kartoffelstärkemehl mit Jod die gleiche rothviolette Farbe annehme. Diess zeigt, dass nicht sowohl die geringe Wassermenge als die Anwesenheit des Zuckers oder des Glycerins den Farbenton bedingt.

Es ist allerdings unmöglich zu bestimmen, wie viel in der Farbenänderung auf Rechnung des durchdringenden Stoffes (Glycerin, Zucker), wie viel auf Rechnung der geringen Menge von Imbibitionswasser falle, da beide Ursachen zusammenwirken, da ferner die Menge des Wassers in einem mit concentrirter Glycerin- oder Zuckerlösung durchdrungenen Stärkekorn bis jetzt wenigstens nicht einmal annähernd bestimmt werden kann und wir überhaupt nicht genau wissen, wie viel Imbibitionswasser erforderlich ist, um die reinblaue Jodfärbung zu gestatten. Die Beobachtung, dass bei gleicher Wasserentziehung ein grosser Spielraum in der Färbung möglich ist, beweist aber, dass andere Verhältnisse hier den entscheidenden Ausschlag geben.

H. v. Mohl spricht an dem nämlichen Orte auch von der Wirkung der Chlorzinklösung auf Jodstärke und deutet die Erscheinungen ebenfalls so, als ob die Farbe bloss von

der Wassermenge abhänge (Bot. Zeit. 1859. p. 235). Diess veranlasste mich nachträglich noch diese Versuche zu wiederholen. Ich habe Folgendes beobachtet.

Trockenes Kartoffelstärkemehl wurde auf einem Objectträger in möglichst concentrirte Chlorzinklösung gebracht und dann einige Stückchen Jod auf das Präparat gelegt. Die Flüssigkeit blieb farblos; die Färbung der Stärkekörner erfolgte äusserst langsam. Die den Jodstückchen zunächst liegenden wurden rothviolett, die weiter abstehenden blassviolett. Die Chlorzinklösung drang, ohne die Körner aufquellen zu machen, so langsam ein, dass nach 1½ Stunden stellenweise noch viele Körner in ihrer Mitte einen trockenen und somit auch farblosen Körper zeigten. Einzelne wenige aufgequollene Körner (es schienen nur solche zu sein, die entzwei gebrochen oder gespalten gewesen) färbten sich früher, als die übrigen und zwar reinblau; die Farbe blieb die nämliche, ob sie näher oder ferner von einem Jodkrystall sich befanden, indem diese Lage nur Einfluss auf die Zeit der etwas früher oder später eintretenden Färbung hatte.

Innerhalb einer Stunde fiengen die Körner an sehr langsam vom Umfange aus aufzuquellen, so dass sie mit einem zunehmenden Hofe von weicher Masse umgeben waren. Bei denjenigen Körnern, die den Jodkrystallen näher lagen und sich rothviolett oder blassviolett gefärbt hatten, gieng diese Farbe in dem aufgequollenen Hofe in Reinblau über. Bei den weiter abliegenden, die noch farblos waren, nahm der aufgequollene Hof die gleiche reinblaue Farbe an, sobald das langsam sich ausbreitende Jod dahin gelangte.

Nach 16 Stunden war das Präparat farblos mit Ausnahme einer Stelle, wo sich ein grösserer Jodsplitter befunden hatte; die Umgebung desselben zeigte sich reinblau. Von den meisten Körnern war nur die äusserste Partie aufgequollen; die innere Substanz war unverändert und stellte einen grössern oder kleinern dichten, homogenen Körper dar.

[redacted]

Als darauf einige Jodstückchen auf das Präparat gebracht wurden, färbte sich dasselbe allmählich überall reinblau. Dabei ergab sich, dass bei den einen Körnern die äussere aufgequollene Partie homogen, zusammenhängend und scharf conturirt, bei den andern desaggregirt und granulirt war. Es gab auch Körner, deren Hof auf der einen Seite homogen und conturirt war, auf der andern aber granulirt und ohne bestimmten Umriss.

Chlorzink verhält sich also wie die Schwefelsäure, indem es in sehr concentrirter Lösung die Substanz der Stärkekörner in kleine Körnchen zerfallen macht. Als ein Deckglas auf das Präparat gelegt und die Flüssigkeit in Bewegung gesetzt wurde, konnte stellenweise die granulirte Masse von dem innern dichten Körper des Korns weggespült werden.

Ich färbte ferner Kartoffelstärkemehl durch Jod und Wasser hell bis intensiv blau und liess das Präparat sogleich eintrocknen. Dann übergoss ich dasselbe mit concentrirter Chlorzinklösung. Die Stärkekörner wurden ziemlich langsam von derselben durchdrungen, so dass man das allmähliche Fortschreiten der Flüssigkeit vom Rande nach der Mitte eines jeden mit der grössten Musse beobachten konnte. Sie vergrösserten sich dabei nur wenig, und veränderten ihre ziemlich reinblaue Farbe ebenfalls nur unbedeutend, nämlich in Bläulichviolett.

Nach 16 Stunden waren alle Stärkekörner aufgequollen und in eine kleisterartige Masse verwandelt. Dieselbe hatte grösstentheils das Jod durch Verdunstung verloren; an zwei Stellen war sie reinblau. Zusatz von metallischem Jod gab nach und nach dem ganzen Präparat den gleichen reinblauen Ton.

Wenn man Kartoffelstärkemehl durch Jod und Wasser färbt und zu dem feuchten Präparat concentrirte Chlorzinklösung zusetzt, so erfolgt das Aufquellen der Körner sogleich, nachdem sie vorher ihre Farbe kaum veränderten (sie schei-

nen etwas violetter zu werden). Die aufgequollene Masse ist reinblau.

Wenn man Jod in Chlorzink auflöst, so hängen die Erscheinungen, welche diese Lösung beim Stärkemehl hervorbringt, von der Concentration des Chlorzinks ab. Eine concentrirtere Flüssigkeit färbt die Kartoffelstärkekörner zuerst rothviolett oder violett, macht sie dann aber rasch aufquellen und giebt der aufgequollenen Masse einen reinblauen Ton. Enthält aber das Chlorzink viel Wasser, so quellen die Stärkekörner nicht auf; sie werden blauviolett, bei hinreichender Verdünnung aber indigoblau gefärbt. Lässt man ein Präparat mit blauvioletten oder indigoblauen Stärkekörnern eintrocknen, so verändert sich die Farbe nicht bemerkbar, insofern man die Flüssigkeit vorher möglichst vollständig entfernt. Trocknet das Präparat mit einer grössern Menge von Flüssigkeit ein, so enthält dasselbe zuletzt so viel Chlorzink, dass alle oder ein Theil der Körner aufquellen und dabei reinblau werden.

Alle diese Beobachtungen stimmen mit dem bereits früher über andere Verbindungen Mitgetheilten überein, und zeigen, dass sich Chlorzink ähnlich verhält, wie Jodkalium, Jodammonium, Jodwasserstoffsäure und Schwefelsäure. Nur vermag es die blaue Farbe der Jodstärke weniger zu modifiziren, als diese Verbindungen. Die Ansicht Mohl's, dass die Farbenmodificationen durch Wasserentziehung bedingt werden, finde ich aber nicht bestätigt. Im Gegentheil beweisen einige Thatsachen, dass es nur die Anwesenheit des Chlorzinks ist, welche die Jodtheilchen zu einer anders gefärbten Anordnung veranlasst. Wenn man durch Jod und Wasser gefärbtes und getrocknetes Kartoffelstärkemehl mit concentrirter Chlorzinklösung übergiesst, so geht, wie ich angegeben habe, das Indigoblau in Violett über, obgleich die Körner bemerkbar aufquellen, also Wasser aufnehmen.

Mohl giebt an, „wenn die Menge des Amylum im

[redacted]

Verhältniss zur Chlorzinklösung gross sei, und dasselbe nach vollständigem Aufquellen mit derselben eine sehr zähe, dicke, kleisterartige Masse bilde, so verändere sich, während die Aufquellung und Zähigkeit der Masse noch zunehme, die blaue Farbe in Zeit von 24 bis 36 Stunden in schönes Purpurroth." Auch diese Farbenänderung bringt er mit einer Abnahme des Wassers in Verbindung, obgleich damit die Angabe, das Aufquellen habe zugenommen und die „halbaufgequollenen" Körner seien blau gewesen, nicht leicht zu vereinigen ist.

Bei meinen Versuchen, zu denen ich reines Chlorzink, Jod und Wasser anwendete, konnte ich eine solche Modification der Farbe, die übrigens im Widerspruch mit den andern Erfahrungen stände, nicht wahrnehmen. Der reinblaue Ton der aufgequollenen Stärkekörner blieb während 24 und 48 Stunden der nämliche, bis durch Verdunsten des Jod Entfärbung eintrat. Dagegen gelang es mir, die aufgequollene Substanz rothviolett zu färben, wenn ich sie zum Eintrocknen bringen konnte. Das ist z. B. dadurch möglich, dass man sie mit viel trockenem Stärkemehl vermengt. Diese Erscheinung stimmt mit den Beobachtungen an Jodwasserstoffsäure, Jodkalium u. s. w. überein.

Da Mohl nichts Näheres über die Art, wie er seine Versuche anstellte, mittheilt, so ist die Controle erschwert. Ich vermuthete, dass vielleicht, weil concentrirtes Chlorzink sehr wenig Jod auflöst, Jodtinctur und zwar alte Tinctur in Anwendung gekommen sei. Desswegen stellte ich noch folgende Versuche an.

Trockenes Kartoffelstärkemehl wurde durch Jodwasserstoffsäure und Jodtinctur braunviolett und rothviolett gefärbt. Zusatz von concentrirter Chlorzinklösung änderte diese Farbe in Braunroth, Kupferroth und Braunorange. Dann fiengen die Körner an aufzuquellen und wurden reinblau. — Ferner wurde Kartoffelstärkemehl durch verdünnte Jodwasserstoff-

säure und Jod blau und violettblau gefärbt. Zusatz von concentrirter Chlorzinklösung bewirkte ein Zusammenziehen der Stärkekörner, indem sie das Imbibitionswasser abgaben. Sie waren nun dunkelviolett. Dann quollen sie auf und wurden reinblau.

Bei längerem Stehen trockneten beide Präparate stellenweise etwas ein. Es geschah dies namentlich da, wo eine geringere Menge von Chlorzinklösung hingelangt und somit die Körner nur halb aufgequollen waren. Diese halb oder ganz eingetrockneten Stellen waren violett, rothviolett und rosenroth.

VII. Allgemeine Uebersicht der Erscheinungen, welche das Jod in den Stärkekörnern hervorruft.

Ich will in dem Folgenden die Resultate zusammenfassen, welche sich aus den vorstehenden Beobachtungen über das Verhalten des Jod zu den Stärkekörnern ergeben.

1) Bei vollkommen gleicher Behandlung verhalten sich die verschiedenen Partieen eines Stärkekorns und ferner die verschiedenen Stärkesorten ungleich, sei es, dass die einen eine etwas grössere Verwandtschaft zu Jod haben und sich etwas rascher färben, sei es, dass sie etwas ungleiche Farbentöne annehmen.

Diese Differenz beruht wohl grösstentheils auf der ungleichen chemischen Zusammensetzung, indem die einen Partieen eines Kornes, sowie ferner die einen Stärkesorten mehr Cellulose enthalten, als die andern. Besonders deutlich spricht sich der Gegensatz aus zwischen den äussersten Schichten eines Korns und der innern Masse. Unter den Stärkemehlarten verhält sich namentlich dasjenige aus den Getreidekörnern anders als dasjenige aus den Knollen und Wurzelstöcken.

[redacted]

2) **Das nämliche Stärkekorn oder die nämliche Schicht eines Korns giebt mit Jod verschiedene Farben, je nach der Beschaffenheit und der Menge der durchdringenden fremden Substanzen (Wasser Säuren, Salze, indifferente organische Verbindungen etc.), je nachdem diese Substanzen vor oder nach dem Jod in die Stärke eintreten, und je nachdem das Jod noch die ursprüngliche Anordnung zeigt, oder bereits sich anschickt die Stärke zu verlassen.**

3) Die Farben, welche das Jod in der Stärke erzeugen kann, sind Indigo, Violett, Roth, Orange und Gelb. Sie beruhen auf einer eigenthümlichen Anordnung der Jodtheilchen und sind überhaupt keine andern, als solche, welche man an dem Jod an und für sich im festen, gelösten und gasförmigen Zustande kennt.

Von den Farben des Spectrums mangelt unter den verschiedenen Jodstärkearten das Grün und das Blau. Wenn von Bläuung der Stärke und von blauer Farbe der Stärke die Rede ist, so ist darunter immer Indigo zu verstehen, oder ein Ton, der sich dem Indigo wenigstens vielmehr nähert als dem Blau des Spectrums. Das Grün muss entschieden von den Farben der Jodstärke ausgeschlossen werden, weil dasselbe, wo es etwa sichtbar ist, als Mischung von Blau und Gelb nachgewiesen werden kann.

Man könnte an dem Ausspruch, dass die Jodstärke keine andern Farben zeige als diejenigen, welche das Jod an und für sich besitze, Anstoss nehmen; da in der That das Indigoblau an dem letztern wohl nicht beobachtet wird. Das metallische Jod ist stahlgrau oder graublau; die vollkommene Undurchsichtigkeit desselben ist der Erkennung seiner wirklichen Farbe sehr hinderlich. Feinkörniges Jod hat aber

grosse Aehnlichkeit mit dunkelblauem Jodstärkemehl und kleine Jodkrystalle, die das Licht unter dem Mikroskop lebhaft reflectiren, erscheinen mir reinblau. Ich glaube daher, dass das feste Jod rücksichtlich seiner Farbe dem Indigo der Jodstärke sehr nahe kommt.

4) Von den verschiedenen Jodstärkeverbindungen entspricht die blaue der stärksten, die gelbe der schwächsten Verwandtschaft. Wenn das Jod in die Stärke eintritt, so nimmt es immer diejenige Anordnung der Theilchen an, welche die unter den gegebenen Umständen grösstmögliche Affinität verlangt; wenn es dagegen, durch andere Kräfte veranlasst, dieselbe verlässt, so ändert es vorher seine Molecularconstitution in der Weise, dass diese schwächern Verwandtschaften entspricht. Die Anwesenheit von Wasser bedingt immer die einer stärkern Anziehung entsprechende Anlagerung der Jodtheilchen, die Anwesenheit irgend einer andern Substanz dagegen veranlasst die mit einer schwächeren Affinität correspondirende Farbe.

Die volle Menge des Imbibitionswassers bedingt unter übrigens gleichen Verhältnissen von den möglichen Farbentönen immer denjenigen, der sich am meisten dem Blau nähert. Vollständiger Mangel des Imbibitionswassers erlaubt dem eintretenden Jod bloss gelbe Färbung hervorzubringen. Alle übrigen Substanzen veranlassen, wenn sie überhaupt eine sichtbare Wirkung äussern, eine um so stärkere Abweichung der Farbe nach Gelb, in je grösserer Concentration sie die Stärke durchdringen. Eine Ausnahme macht die Schwefelsäure und einige andere Verbindungen, welche bei der stärksten Concentration anfänglich nur eine Farbenänderung nach Roth und Gelb bewirken, nach längerer Einwirkung aber oder bei etwas geringerer Concentration so-

[redacted]

gleich ein Aufquellen der Substanz und eine reinblaue Färbung derselben verursachen. Dieser eigenthümliche Effekt rührt von der Cellulose der Stärke her, und ist die Farbe auch von dem Indigoblau der Jodstärke merklich verschieden.

Historische Classe.

Sitzung vom 28. Februar 1863.

Herr Löher hielt einen Vortrag:

über das Rechtsverfahren bei der Absetzung des deutschen Königs Wenzel.

[redacted]

12. Die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. III. Theil.

(Vorgetragen am 16. Mai 1868.)

Die bisher mitgetheilten Beobachtungen beschränkten sich auf die Stärkekörner und betrafen vorzugsweise die verschiedenen Färbungserscheinungen, welche an der nämlichen Stärke ohne bemerkbare chemische oder physikalische Veränderung lediglich durch Modification der äussern Verhältnisse hervorgebracht werden können. Die folgenden Mittheilungen betreffen die Zellmembranen, und zwar nur solche, welche durch Jod allein oder durch Jod in Verbindung mit Jodwasserstoffsäure und andern Jodverbindungen, ferner mit Schwefelsäure und Phosphorsäure sich bläuen. Ich habe, um Raum zu sparen und zugleich um die Uebersicht über das wechselvolle Verhalten der verschiedenen Zellmembranen und der verschiedenen angewandten Mittel zu erleichtern, zuerst alle von mir beobachteten Thatsachen aufgezählt, und dann die daraus zu ziehenden Schlüsse nachfolgen lassen.

VIII. Thatsachen, betreffend die Färbung verschiedener Zellmembranen durch Jod.

Ich schicke eine Bemerkung über die Anwendung von wässrigen und weingeistigen Jodlösungen voraus.

Durch Commaille (Journ. Pharm. Chim. 1859 I.

p. 409) ist bekannt, dass in weingeistiger Jodtinctur sich sehr bald Jodwasserstoffsäure bildet. Nach demselben soll sich dabei Alcohol (und nicht Wasser) zersetzen, und es soll keine Jodsäüre entstehen, indem der freiwerdende Sauerstoff sich mit dem Kohlenstoff verbindet. In wässriger Jodlösung scheint keine oder nur äusserst wenig Jodwasserstoffsäure zu entstehen. Dagegen giebt sich die Anwesenheit derselben auf dem Objectträger, auf welchem sich der Durchschnitt eines Pflanzengewebes mit destillirtem Wasser und einigen Jodstückchen befindet, häufig schon nach einer Stunde theils durch die saure Reaction auf blaues Lakmuspapier, theils durch die Färbung der Zellmembranen kund.

Es ist daher, wenn es sich um die Frage handelt, welche Erscheinungen Jod für sich, und welche es in Gemeinschaft mit Jodwasserstoffsäure hervorbringe, Vorsicht in doppelter Beziehung nöthig, einmal mit Rücksicht auf die anzuwendende Lösung und ferner mit Rücksicht auf die Dauer des Versuches.

Was die Lösung betrifft, so ist nicht gleichgültig, ob man frische oder alte Jodtinctur anwende, weil die letztere mehr oder weniger Jodwasserstoffsäure enthält. Man kann frische Jodtinctur längere Zeit unzersetzt erhalten, wenn man sie in einem schwarzen Glase aufbewahrt und somit vor dem Einfluss des Lichtes schützt. Um ganz sicher zu sein, ziehe ich es vor, sie bei jedem Versuche, wo keine Jodwasserstoffsäure zugegen sein darf, frisch anzufertigen, indem ich auf dem Objectträger einige Stückchen Jod in einen Tropfen Weingeist bringe.

Betreffend die Dauer des Versuches ist zu berücksichtigen, dass das Jod sehr geneigt ist, leicht zersetzbaren organischen Verbindungen den Wasserstoff zu entziehen. Eine Färbung, die erst einige Zeit nach Anwendung des Jod eintritt, muss daher immer den Verdacht erregen, dass sie unter dem Einfluss von Jodwasserstoffsäure zu Stande gekommen

[redacted]

sei. Ich verweise auf die Versuche und bemerke nur, dass wasserhaltige Jodtinctur fast momentan und Jodstückchen in Wasser auf die unmittelbar daneben liegenden Körper innerhalb weniger Minuten reagiren müssen, und dass die Wirkung der sich bildenden Jodwasserstoffsäure im günstigen Falle schon nach einer halben Stunde sich geltend machen kann.

Fruchtschicht von Hagenia ciliaris *Eschw.* und Pertusaria communis *DC.*

1. In wässriger Jodlösung oder in Wasser, in welchem Jodsplitter liegen, färbt sich die Fruchtschicht von Hagenia blau, und zwar, was man besonders auf Querschnitten deutlich sieht, zuerst die gallertartige Füllmasse zwischen den Schläuchen und Paraphysen („Intercellularsubstanz [1]“), nachher die Schläuche. Die Intercellularsubstanz ist hellblau, während die Schläuche noch vollkommen farblos sind; bei stärkerer Einwirkung wird sie intensiv indigoblau und dann dunkelblau. Zuweilen sieht man deutlich, dass sie nicht überall gleich gefärbt, sondern dass die Partie, welche die Paraphysen und Schläuche zunächst umgiebt, am intensivsten ist. Die Wandung der Schläuche wird zuerst schön-hellblau, nachher schmutzigblau oder grünlichblau, indess eine innere Substanz in den Schlauchenden schönblau bleibt. Die Wandung der Paraphysen wird zuletzt schmutzig-blassblau.

Die Schläuche von Pertusaria werden durch Jod und Wasser schön-blau.

2. Fügt man zu den Durchschnitten der Fruchtschicht von Hagenia, die durch wässrige Jodlösung gefärbt sind (Nr. 1.), alte Jodtinctur, so wird die Intercellularsubstanz und die innere Masse in den Schlauchenden schmutzig-blau,

(1) Diess ist nichts anderes als die äussern weichen Schichten der Paraphysen und wahrscheinlich auch der Schläuche, welche eine homogene, gallertartige Masse bilden.

die Membran der Schläuche schmutzig-rothbraun. Mit Jodtinctur gesättigt erscheinen die Schnitte dunkel oder schwarz. An den dünnsten Stellen, wo man die Farben noch unterscheidet, ist die Intercellularsubstanz und die innere Substanz in den Schlauchenden blaugrün, die Wandung der Schläuche braun oder rothbraun, die Wandung der Paraphysen schmutzig-blaugrün.

Das Gleiche beobachtet man an Pertusaria; die durch Jod und Wasser rein-blau gefärbten Schläuche werden durch Jodtinctur schmutzig-grünblau.

3. Uebergiesst man die trockenen Schnitte der Fruchtschicht von Hagenia mit einer Lösung von wenig Jod in wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure, so färben sie sich schön-blau. Lässt man das Präparat unbedeckt stehen, so verwandelt sich die Farbe alsbald in Blaugrün, dann in Schmutziggrün, Braun und zuletzt in Goldgelb. Zusatz von Wasser oder wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure bewirkt, dass die Farbenskale rasch in umgekehrter Folge durchlaufen wird, und bei Blau endigt.

Die Schläuche von Pertusaria werden ebenfalls durch wenig Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure schön-blau, und wenn man das Präparat offen stehen lässt, so geht diese Farbe durch Blaugrün und Braungrün in Braun und Braunorange über; aber die Veränderung erfolgt viel langsamer als bei Hagenia, so dass die Schläuche der letzteren z. B. bereits goldgelb sind, während diejenigen von Pertusaria noch schmutzig-grün erscheinen.

Man könnte geneigt sein, diese Farbenänderungen auf Rechnung der zu- und abnehmenden Concentration der Säure zu setzen. Sie werden indess eher durch die zu- und abnehmende Menge des eingelagerten Jod bedingt, wie folgender Versuch beweist.

b. Wasserhaltige Jodwasserstoffsäure, die sehr wenig

[redacted]

Jod enthält [2]), färbt Durchschnitte der Fruchtschicht von Hagenia schön-blau, zuerst die Intercellularsubstanz, nachher die Schläuche, jene intensiv, diese hell. Legt man nun einige Jodstückchen auf das Präparat, so nehmen die Schläuche mit dem eintretenden Jod eine goldgelbe, die Intercellularsubstanz eine grünlichbraune Farbe an.

4. Lässt man die goldgelb gewordenen Präparate von Hagenia (Nr. 3.) noch längere Zeit (1—3 Tage) mit einer hinreichenden Menge von Jodwasserstoffsäure offen stehen, so dass nicht vollständiges Eintrocknen erfolgt, so verändert sich die Farbe allmälich durch Rothbraun, Grünlichbraun, schmutzig Grünblau und schmutzig Blau in Blauviolett, Violett, Rothviolett und geht durch Rosenroth zuletzt in den farblosen Zustand über. Dabei quillt die Intercellularsubstanz stark auf und vertheilt sich einer Lösung ähnlich in der zunächst befindlichen Flüssigkeit; sie ist blau, violett oder roth (Ersteres wie es scheint bei grösserem, Letzteres bei geringerem Wassergehalt der Säure). — Schön-violette oder rosenrothe, beinahe trockene Präparate werden bei Zusatz von wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure oder von Wasser zuerst blauviolett, dann blau.

Die Schläuche von Pertusaria zeigen, wenn sie längere Zeit der Einwirkung von Jod und Jodwasserstoffsäure ausgesetzt sind, analoge Farbenänderungen. Dieselben erfolgen aber langsamer und die Uebergangsfarben lassen sich nicht so deutlich unterscheiden. Man sieht gewöhnlich nur, dass das Braunorange in ein schmutziges Blau und dieses in ein ziemlich schönes Violett, nachher in Rothviolett übergeht. Zusatz von Jodwasserstoffsäure oder von Wasser verwandelt die rothviolette Farbe in Blau.

---

(2) Sollte sich durch die Einwirkung des Lichtes in der Jodwasserstoffsäure eine grössere Menge von Jod ausgeschieden haben, so kann man dasselbe leicht durch Stärkemehl bis auf ein Minimum entziehen.

Auch diese Farbenänderung muss vorzugsweise durch die Abnahme der eingelagerten Jodmenge erklärt werden. Bringt man nämlich die Durchschnitte in jodhaltige Jodwasserstoffsäure, so ziehen sie nach und nach das freie Jod an, und man beobachtet den Uebergang von Blau oder Blaugrün in Goldgelb (Nr. 3); nachher verdunstet das Jod und diese Farbe geht allmälich in Violett über. Diese Erklärung wird durch folgenden Versuch bestätigt.

b. Wenn man die durch wasserhaltige Jodwasserstoffsäure, die nur sehr wenig Jod enthält und bloss blau zu färben vermag, gebläuten Präparate (Nr. 3, b.) längere Zeit offen stehen lässt, so geht diese Farbe nach 12—24 Stunden in Violett und dann in den farblosen Zustand über. Zusatz von metallischem Jod verändert das Hellviolett durch Grünblau und Grünlichbraun in ein helles Goldgelb oder Braungelb. — Eine geringe Menge von Jod bewirkt also in verdünnter Jodwasserstoffsäure reinblaue, in concentrirter violette Färbung, während bei Anwendung von viel Jod die Farbe fast die nämliche ist, doch in der verdünnteren Säure etwas mehr auf Grünlich geht.

5. Jod in gesättigter Jodkaliumlösung färbt die Fruchtschicht von Hagenia braungelb und gelb; ist die Jodkaliumlösung nicht ganz gesättigt, so wird die Intercellularsubstanz und die innere Masse der Schlauchenden grünlichbraun. Setzt man Wasser zu, so werden die Schnitte überall schön-blau.

Die Schläuche von Pertusaria werden durch Jod in sehr verdünnter Jodkaliumlösung schön-blau; etwas concentrirtere Lösungen bewirken blaugrüne, ganz concentrirte aber braungelbe Färbung. Nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser erhält man wieder die schön-blaue Farbe.

6. Die Schläuche von Pertusaria werden durch Jod in verdünnter Jodzinklösung zuerst blau und darauf, indem sie mehr Jod aufnehmen, blaugrün und nachher schmutzig-

[redacted]

braungrün. Lässt man das Präparat offen stehen, wobei Wasser und Jod verdunsten, so geht die Farbe durch Braun in ein helles Braunorange und endlich in den farblosen Zustand über. Metallisches Jod macht das Braunorange intensiver; Zusatz von Wasser dagegen stellt die schön-blaue Färbung der Schläuche wieder her, indem der Uebergang durch Braungrün und Blaugrün stattfindet. — Auch der Rand des Wassertropfens zeigt sich stellenweise schön-blau, indem sich daselbst gelöste oder feinvertheilte Theilchen aus den Membranen ansammeln.

b. Die Fruchtschicht von Hagenia wird in sehr verdünnter Jodzinklösung, die äusserst wenig Jod enthält, schönblau, und zwar färbt sich zuerst die Intercellularsubstanz, nachher die Schläuche. Setzt man metallisches Jod zu, so geht zuerst die Farbe der Schläuche in Braunorange, nachher die der Intercellularsubstanz in Grünlichbraun über.

Wendet man eine concentrirte Jodzinklösung an, so bedingen geringe Jodmengen, die in derselben enthalten sind, gelbe und grössere Jodmengen braunorangefarbene Töne.

7. Die durch Jod und Wasser gefärbten und getrockneten Schläuche von Pertusaria verändern bei Zusatz von concentrirter Schwefelsäure ihre Farbe nicht wesentlich. Im ersten Moment der Einwirkung nimmt das Blau manchmal einen matteren und mehr in's Grünliche gehenden Ton an.

8. Die durch wässrige Jodlösung intensiv blaugefärbten Schläuche von Pertusaria entfärben sich in Wasser sehr langsam durch Hellblau.

9. Lässt man die durch Jod und Wasser rein-blau gefärbte Fruchtschicht von Hagenia eintrocknen, so bleibt sie theilweise rein-blau, theilweise nimmt sie eine schmutzigblaue und wohl auch eine grünlichblaue Färbung an. Einzelne Partieen sind braungrün, braun, braunroth und violett geworden, was, wie ich glaube, zum Theil auf Bildung von Jodwasserstoffsäure deutet.

Werden die durch Jod und Wasser blaugefärbten Schläuche von Pertusaria schnell getrocknet, so bleiben sie meistens schön-blau. Einige werden am obern Ende blaugrün.

10. Werden die trockenen blauen Schläuche von Pertusaria (Nr. 9) sorgfältig über der Weingeistflamme erwärmt, so entfärben sie sich allmählich, wobei die blaue Farbe zuerst in Violett, dann Braunviolett und Blassbraun übergeht. Zusatz von Wasser stellt in jedem Stadium die rein-blaue Farbe wieder her.

11. Wenn die durch Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure gefärbten Durchschnitte der Fruchtschicht von Hagenia wirklich eintrocknen (was dann der Fall ist, wenn nur wenig Flüssigkeit sich auf dem unbedeckten Objectträger befindet), so verändern sie ihre Farbe nicht merklich; sie bleiben nach Umständen braungelb und braun oder violett (vgl. Nr. 3 und 4).

12. Wenn man trockene Durchschnitte durch die Fruchtschicht von Hagenia Joddämpfen aussetzt, so färben sich die Schläuche zuerst gelb, nachher braun. Das Gleiche beobachtet man, wenn man einen Objectträger, auf welchem Schläuche von Pertusaria angetrocknet sind, in ein verschlossenes Glas mit metallischem Jod bringt. Nur färben sich im letztern Falle manche Schläuche, die glatt ankleben, auffallend langsam. Einzelne auch werden stellenweise, namentlich an der Spitze grünlich oder bläulich; wahrscheinlich hatten sie hier noch etwas Wasser zurückgehalten. Befeuchten mit Wasser verursacht sogleich Blaufärbung; der Uebergang von Braungelb geschieht durch Braunroth und Schmutzigviolett.

13. Die Präparate der Fruchtschicht von Hagenia ciliaris reagiren schwach sauer auf Lakmuspapier; diejenigen von Pertusaria communis zeigen eine entschiedener saure Reaction. Werden die Schnitte mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser ausgewaschen, oder lässt man die-

[redacted]

selben 24 Stunden im Wasser liegen, und setzt dann Jod zu, so färben sie sich ebenso schnell und ebenso schön-blau wie vorher.

Samenlappen von Hymenaea Courbaril *Lin.*

14. Die Membranen werden durch wässrige Jodlösung oder, wenn man die Schnitte in Wasser legt und einige Stückchen Jod dazu bringt, nicht gefärbt.

15. Die Präparate Nr. 14, die der Einwirkung eines hellen Tageslichtes ausgesetzt sind, fangen frühestens nach ½—1 Stunde an, zunächst der Jodsplitter sich langsam und schwach blau zu färben. Diess findet statt in Folge von Jodwasserstoffsäurebildung. Die Farbe wird nach und nach intensiver. Die Zeit, innerhalb welcher die Bläuung sichtbar wird, hängt ab von der Menge des Jod, des Wassers und der Durchschnitte, sowie ferner von der Einwirkung des Lichtes. Unter dem Mikroskop tritt die Reaction früher ein, weil das Präparat von zahlreicheren Strahlen getroffen wird. Ein Präparat, welches der direkten Einwirkung der Morgensonne im November ausgesetzt war, und nur wenig Wasser enthielt, fing erst nach 1½ Stunden an, sich blau zu färben. Wenn man nach Anfertigung des Präparates sogleich das Wasser möglichst vollständig wegnimmt und die Schnitte eintrocknen lässt, so bläuen sich dieselben an den die Jodstückchen berührenden Rändern schon nach 10 Minuten.

Ein Wassertropfen, in welchen einige Schnitte gelegt werden, reagirt auf blaues Lakmuspapier deutlich sauer. Werden die Schnitte mit Wasser, dann mit Ammoniak und zuletzt wieder mit Wasser gut ausgewaschen, so dass sie weder saure noch basische Reaction zeigen, so werden sie durch Jodsplitter ebenso schnell gefärbt, als wenn das Auswaschen unterbleibt. Sobald die Bläuung eingetreten ist, kann man durch Lakmuspapier wieder saure Reaction nachweisen, und damit die Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure erkennen.

b. Die Samen von Tamarindus indica *Lin.* scheinen sich ganz wie diejenigen von Hymenaea Courbaril zu verhalten. Wenigstens werden sie durch Jod und Wasser nicht gefärbt. Lässt man das Präparat ½—1 Stunde stehen, so beginnt die Blaufärbung in der nächsten Nähe der Jodstückchen.

16. Wenn frische Jodtinctur auf die Schnitte gebracht und diese dann mit Wasser befeuchtet werden, oder wenn frische mit Wasser verdünnte Jodtinctur angewendet wird, so tritt unmittelbar keine Färbung ein.

17. Nachdem die Präparate (Nr. 16) eine Stunde lang im hellen Tageslicht gestanden haben, so fangen sie an auf der Seite, welche dem durch das Fenster einfallenden Lichte zugekehrt ist, sich intensiv blau zu färben. Die Färbung tritt deutlich an denjenigen Stellen zuerst auf, welche am meisten von dem Lichte getroffen werden. Unter dem Mikroskop kann die Bläuung schon nach einer halben Stunde beginnen.

Lässt man die Schnitte mit frischer Jodtinctur eintrocknen, so bläuen sich die Membranen nach dem Befeuchten mit Wasser, wenn die Einwirkung auch noch so kurze Zeit gedauert hat.

18. Bei den Versuchen Nr. 15 und 17 bläuen sich nicht nur die Schnitte, sondern auch der Rand des Wassertropfens, wenn derselbe sich in der Nähe der Schnitte befindet. Man könnte leicht glauben, dass diese homogene blaue Zone einem löslichen Stoffe ihr Dasein verdanke. Allein ihre Begrenzung macht es wahrscheinlicher, dass es eine unlösliche, in der Flüssigkeit fein vertheilte Substanz ist, die ohne Zweifel von den Zellwänden herstammt.

19. Wenn man die blaugefärbten Präparate (Nr. 15 und 17) eintrocknen lässt, so bleibt das reine Blau stellenweise (namentlich im Innern der Schnitte) unverändert; stellenweise wird es schmutzig-blau oder grünlichblau, ferner

[redacted]

violett, roth, orange und gelb, wobei auch diese andern Farben bald rein und glänzend, bald matt und schmutzig erscheinen. Die rothen und gelben Töne befinden sich mehr an den Rändern der Schnitte.

Die blaue Substanz ausserhalb der Schnitte (Nr. 18) verhält sich rücksichtlich des Farbenwechsels beim Eintrocknen wie die Zellwände; sie kann stellenweise jede der genannten Farben annehmen.

Wiederbefeuchten mit Wasser stellt die rein-blaue Farbe überall auf den Präparaten her.

20. Wenn die trockenen Präparate (Nr. 19) mit concentrirter Schwefelsäure übergossen werden, so besteht die erste Einwirkung darin, dass die Farbe mehr oder weniger nach Braungelb hin sich verändert. So sah ich violette und blauviolette Stellen sogleich orangefarben oder goldgelb werden. Nach und nach nimmt dann aber das ganze Präparat eine reinblaue Färbung an, indem die braungelben Töne durch ein meist schmutziges Roth und Violett in Blau übergehen.

21. Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure gelöst, sowie alte Jodtinctur färbt sogleich blau; und zwar ist das Blau meistens mehr oder weniger schmutzig.

22. Die Präparate Nr. 21 zeigen nach dem Eintrocknen rosenrothe, kupferrothe, orangefarbene und gelbe Zellmembranen. Mit Wasser befeuchtet werden alle reinblau.

23. Wenn die blaugefärbten Präparate von Nr. 15, 17 und 21 mit destillirtem Wasser gut ausgewaschen und dadurch das Jod, der Alcohol und die Jodwasserstoffsäure weggenommen werden, so bleiben die Membranen in wässriger Jodlösung oder in Wasser, in welchem Jodsplitter liegen, wenigstens über eine Viertelstunde lang farblos.

24. Jod in verdünnter Jodkaliumlösung färbt sogleich rein-blau; die Membranen quellen dabei auf. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt braunorange; Zusatz von Wasser führt diese Farbe sofort in Blau über.

25. Die durch Jod in verdünnter Jodkaliumlösung dunkelblau gefärbten Schnitte (Nr. 24) gehen bei Zusatz von reichlichem Wasser rasch durch Hellblau in den farblosen Zustand über.

26. Lässt man die durch Jod in verdünnter Jodkaliumlösung blaugefärbten Schnitte (Nr. 24) eintrocknen, so geht die blaue Farbe durch ein schmutziges Violett in Kupferroth, Braunorange und Gelb über. Zusatz von Wasser stellt sogleich das Blau wieder her.

27. Werden die Präparate Nr. 24 mit Wasser allein oder mit Wasser und einer Säure (Citronens., Salzs.) gut ausgewaschen, so dass kein Jod und kein Jodkalium mehr in ihnen enthalten ist, so färben sie sich durch Wasser und Jod oder durch frische Jodtinctur unmittelbar nicht mehr.

28. Metallisches Jod, im Ueberschuss in einen Tropfen Ammoniak gelegt, bildet eine goldgelbe Lösung (Jod in Jodammonium) und einen feinkörnigen Niederschlag (Jodstickstoff). Schnitte färben sich darin braunroth, nach Zusatz von viel Wasser reinblau.

29. Wenn zu kohlensaurer Bittererde so lange Jodkaliumjodlösung beigefügt wird, bis die Flüssigkeit gefärbt bleibt (Jod in einer Mischung von Jodkalium und Jodmagnesium) und wenn man damit trockene Schnitte übergiesst, so färben sich dieselben gelb bis braun und orange. Ein solcher braungelber Schnitt wird in einem Tropfen Wasser blau.

30. Jod in sehr wasserhaltiger Jodzinklösung färbt blau; mit zunehmender Concentration der Jodzinklösung ist die Farbe schmutzig-blau, schmutzig-violett, rothbraun, braunorange, orange. Lässt man das durch Jod in concentrirtem Jodzink orange gefärbte Präparat unbedeckt stehen, so geht die Farbe in ein helles Braungrün, dann in schmutziges Violett und zuletzt in ein blasses Rosenroth über, wobei aber nur die äusserste und innerste Membranschicht gefärbt bleibt,

[redacted]

indem die dazwischen befindliche weiche Masse sich entfärbt. Zusatz von Wasser oder nach Umständen von Wasser und Jod bewirkt zuerst wieder intensiv orangefarbene, dann braune, violette und zuletzt blaue Färbungen.

31. Werden Schnitte mit einigen Jodstückchen in concentrirte oder verdünnte Phosphorsäure gelegt, so bleiben die stark aufquellenden Membranen auch nach längerer Zeit (nach 24 Stunden) vollkommen farblos (der Zelleninhalt färbt sich sogleich). Wird Jodwasserstoffsäure zugesetzt, so tritt sogleich Blaufärbung ein.

32. Mit frischer Jodtinctur getränkte, dann mit concentrirter Phosphorsäure oder mit Schwefelsäure benetzte Schnitte werden sogleich blau.

33. Mit frischer Jodtinctur getränkte, in Salpetersäure gelegte Schnitte bleiben farblos.

34. Werden die Schnitte mit frischer Jodtinctur getränkt und dann in concentrirte Salzsäure gelegt, so färben sich die aufquellenden Membranen gelb bis braungelb.

35. Wenn Schnitte in concentrirte Salzsäure gebracht und sogleich einige Jodsplitter darauf gelegt werden, so quellen die Membranen sehr stark auf, bleiben aber auch nach Zusatz von Wasser vollkommen farblos.

36. Alte Jodtinctur färbt die Präparate Nr. 35 reinblau.

37. Wenn die Präparate Nr. 35 im hellen Tageslicht stehen bleiben, so fangen sie nach ungefähr einer Stunde an, in der Umgebung der Jodsplitter sich langsam blau zu färben.

38. Schnitte, welche $^1/_2$ — 1 Stunde in concentrirter Essigsäure oder in gesättigter Lösung von Citronensäure gelegen haben, sind nicht aufgequollen und färben sich durch Jodsplitter nicht.

39. Die in Essigsäure liegenden Schnitte (Nr. 38) färben sich durch alte Jodtinctur schmutzig-braungelb bis schmutzig-braungrün. Die in Citronensäure befindlichen Schnitte zeigen

bei gleicher Behandlung eine schmutzig-blaue, stellenweise in's Grünliche spielende Farbe.

40. Schnitte, welche in gesättigter Lösung von Bittersalz liegen, werden durch alte Jodtinctur intensiv braun (gelbbraun bis rothbraun) gefärbt; an einzelnen Stellen zeigt sich auch eine schmutzig-bläuliche Färbung. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man die in gesättigter Bittersalzlösung liegenden Schnitte mit einem Tropfen Jodkaliumjodlösung, in welchem Bittersalz und metallisches Jod bis zur Sättigung enthalten sind, übergiesst, oder wenn man trockene Schnitte in letztere Lösung legt; — es zeigt sich eine intensive, braungelbe bis braunrothe und kupferrothe, oft eine feuerrothe Farbe.

Es ist kaum nöthig zu erwähnen einerseits, dass die von Bittersalzlösung durchdrungenen Schnitte von Jod allein unmittelbar gar nicht gefärbt werden, anderseits, dass die Farben mehr oder weniger sich dem Blau nähern, wenn die Bittersalzlösung nicht gesättigt ist, oder wenn man mit wasserhaltiger alter Jodtinctur färbt, oder wenn man Jodkaliumjodlösung anwendet, die kein Bittersalz enthält, oder wenn man die von reinem Wasser durchdrungenen Schnitte in die mit Bittersalz gesättigte Jodkaliumjodlösung legt.

41. Schnitte, welche durch Jod in Jodwasserstoffsäure blau gefärbt sind (Nr. 21), werden durch Jodsäure entfärbt, indem sie zuvor schmutzig-hellblau oder hellgrünlichblau werden.

42. Wenn man die trockenen Schnitte Joddämpfen aussetzt, so färben sie sich sogleich und erscheinen dem blossen Auge braun und zuletzt fast schwarz. Unter dem Mikroskop zeigt sich der Zelleninhalt zuerst intensiv braun, nachher nehmen die Zellwandungen gelbe und braune Färbung an. Gewöhnlich sieht man die Membranen gelb, die Intercellularsubstanz braun.

43. Benetzt man die durch Joddämpfe gefärbten trockenen

[redacted]

Schnitte mit Wasser, so werden die Membranen sogleich blau. Zuweilen beobachtet man ein unbestimmtes und schmutziges Grün als rasch vergängliches Uebergangsstadium.

44. Bringt man die durch mehrtägige Einwirkung der Joddämpfe schwarz gewordenen Schnitte in vollkommen gesättigte wässerige Jodlösung, die mit überschüssigem Jod in einem verschlossenen Glase enthalten ist, so werden die Zellmembranen in kurzer Zeit ganz farblos, indess der Zelleninhalt dunkelbraun bleibt.[3])

Die eben mitgetheilte Thatsache ist nicht etwa so zu erklären, dass die trockene Membran eine grössere Verwandtschaft zu Jod habe, als die mit Wasser befeuchtete. Denn in einem Falle handelt es sich um das Gleichgewicht zwischen der Anziehung der festen Jodtheilchen zu einander, der Anziehung von Jod- und Wassertheilchen und der Anziehung von gelösten Jod- und befeuchteten Membrantheilchen; in dem andern Falle dagegen kommt die Attraction der festen Jodtheilchen zu einander, das Bestreben derselben zu verdunsten, und die Anziehung der trockenen Membrantheilchen auf die gasförmigen und sich niederschlagenden Jodtheilchen in Betracht.

Samenlappen von Mucuna urens *DC.*

45. Legt man Durchschnitte mit etwas metallischem Jod in einen Tropfen Wasser, so beginnen dieselben sogleich sich blau zu färben. Das Wasser reagirt auf Lakmuspapier deutlich sauer. Indessen beweist diese Reaction nicht die Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure, denn die Röthung des blauen Lakmuspapiers tritt auch ein, wenn man die Schnitte ohne Jod in einen Tropfen destillirten Wassers legt.

---

(3) Eine vollkommen gesättigte wässrige Jodlösung erhält man in kürzester Zeit dadurch, dass man Wasser mit metallischem Jod in einem verschlossenen Glase erwärmt; beim Erkalten crystallisirt ein Theil des gelösten, sowie das in die Luft verdampfte Jod.

46. Die Präparate Nr. 45 bleiben nach dem Eintrocknen blau, erscheinen aber stellenweise etwas schmutzig. Wenn die Schnitte bis zum Eintrocknen während längerer Zeit (½—1 Stunde) neben metallischem Jod gelegen haben, so sind ihre Ränder, namentlich diejenigen, welche den Jodstückchen zugekehrt sind, im trockenen Zustande violett, roth und goldgelb. Es sind diess diejenigen Stellen, wo sich Jodwasserstoffsäure in bemerkbarer Menge gebildet hatte.

47. Werden die trockenen Präparate Nr. 46 erhitzt, so geht die blaue Farbe durch Schmutzig-violett, Roth, Orange und Gelb in den farblosen Zustand über. Unterbricht man den Process vor dem Entfärben, so behalten die Schnitte diejenigen Farben, welche sie eben angenommen hatten, und zeigen häufig alle genannten Töne nebeneinander, da die Veränderung ungleichmässig erfolgt.

48. Bringt man die Durchschnitte auf dem Objectträger in einen Tropfen Wasser und fügt dazu so viel Ammoniak, dass die saure Lösung neutralisirt wird, legt dann, ohne die Flüssigkeit zu wechseln, einige Stückchen Jod hinzu, so beginnt sogleich die Blaufärbung wie in dem Versuche Nr. 45. Derselben geht aber eine blass rosenrothe Färbung der Flüssigkeit voraus. Es breitet sich also um jeden Jodsplitter ein rother, und später, insofern derselbe auf einem Durchschnitt liegt, ein blauer Ton ringsum aus. Diese rosenrothe Farbe beobachtet man auch in dem Versuche Nr. 45, aber sie ist dort weniger intensiv und haftet mehr an den Schnitten. Sie gehört also einer löslichen Substanz an, die von Ammoniak dem Gewebe rascher entzogen und der Jodreaction vollständiger zugänglich gemacht wird, als durch Wasser.

49. Wäscht man die Durchschnitte gut aus entweder bloss mit Wasser oder mit Ammoniak und nachher mit Wasser und legt man nun einige Jodsplitter auf das Präparat, so bleiben die Membranen längere Zeit farblos. Erst etwa nach einer Stunde beginnt Bläuung zunächst den Jod-

stückchen, indem sich daselbst Jodwasserstoffsäure bildet. Trocknen aber die Schnitte früher ein, so färben sie sich dabei blau; diess findet schon 10—15 Minuten, nachdem die Jodsplitter auf das Präparat gebracht wurden, statt. — Die rosenrothe Färbung des Versuches Nr. 48 mangelt vollständig; durch das Auswaschen wurde also jener lösliche Stoff entfernt.

50. Lässt man auf die ausgewaschenen Schnitte Nr. 49 Citronensäure, Weinsteinsäure, Oxalsäure, Essigsäure, Salzsäure oder Phosphorsäure und zugleich Jod einwirken, so bleiben die Membranen ebenfalls während einiger Zeit (etwa eine Stunde) farblos. Erst wenn die Bildung von Jodwasserstoffsäure stattgefunden hat, tritt auch in diesem Falle Bläuung ein.

51. Wenn man die trockenen Schnitte mit frischer Jodtinctur, welche sehr wenig Wasser enthält, übergiesst, so bleiben die Membranen farblos. Ist dieselbe etwas wasserhaltig, so werden die Membranen schwach grünlichbraun. Enthält sie noch mehr Wasser, so zeigt sich eine grünblaue und bei noch grösserem Wassergehalt eine reinblaue Farbe. — Die gleichen Erscheinungen erhält man, wenn die Schnitte zuerst mit Wasser befeuchtet, und dann mit frischer Jodtinctur übergossen werden. Wenn viel Wasser und wenig Tinctur einwirken, so hat man blaue Färbung; wenig Wasser und viel Jodtinctur bedingen schmutzig-grünliche und braungrünliche Töne. Ich bemerke beiläufig, dass unter den nämlichen Verhältnissen, welche die letztere Reaction bedingen, Kartoffelstärkekörner, die gleichzeitig auf dem Objectträger liegen, rothbraun oder kupferroth werden.

52. Wendet man alte Jodtinctur, die viel Jodwasserstoffsäure enthält an, so können sich die Membranen auch braungelb, rothgelb oder braunroth färben. Die gleichen Töne erhält man, wenn die Schnitte mit einer Lösung von Jod in ziemlich concentrirter Jodwasserstoffsäure behandelt

werden. Lässt man ein Präparat, das durch Jod in Jodwasserstoffsäure ziemlich schönblau gefärbt ist, mit einer hinreichenden Menge Flüssigkeit offen stehen, so dass ein vollständiges Eintrocknen nicht erfolgt, so geht die Farbe in Braunroth und darauf durch ein helles Braungelb in den farblosen Zustand über.

53. Jod in concentrirter Jodkalium- oder Jodzinklösung färbt die trockenen Schnitte rothbraun oder feuerroth. Zusatz von Wasser führt sogleich den Uebergang in Reinblau herbei.

54. Wenn die durch alte Jodtinctur, durch Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure oder durch sehr wasserhaltiges Jodkaliumjod blaugefärbten Schnitte eintrocknen, so werden sie zuerst schmutzig-violett, dann roth oder kupferroth, rothgelb, gelb und zuletzt farblos. Enthalten die Membranen nur wenig Jod, so durchlaufen sie beim Eintrocknen alle diese Stadien und werden entfärbt. Bei grösserem Jodgehalt bleiben sie gefärbt und zeigen dann einen der genannten Töne (von Schmutzig-violett bis zu Gelb). Befeuchten mit Wasser stellt die blaue Farbe wieder her.

55. Lässt man die durch Jod in concentrirter Jodzinklösung feuerrothgefärbten Schnitte offen stehen, so trocknen sie nicht vollkommen ein. Die Membranen werden braunviolett, dann blass-rothviolett, blass-rosenroth und zuletzt farblos. Führt man dem Präparat Jod und Wasser zu, so geht die Farbenänderung in umgekehrter Folge vor sich. Die Membranen werden feuerroth, dann violett und zuletzt (bei hinreichender Wassermenge) blau.

56. Wenn Schnitte kurze Zeit in gesättigter Bittersalzlösung gelegen haben und man einige Jodsplitter darauf legt, so werden die Membranen schmutzig-blau bis braunviolett, die in den Zellen liegenden Stärkekörner rothgelb und braunroth. Die Stärkekörner färben sich zuerst und weichen von der blauen Farbe immer mehr ab, als die un-

[redacted]

mittelbar neben ihnen liegenden Zellmembranen. Nach dem Eintrocknen behalten beide ihre Farbentöne.

57. Wenn man zu kohlensaurer Bittererde, welche in einem Tropfen Wasser sich befindet, metallisches Jod zusetzt, bis man eine intensiv gelb gefärbte Flüssigkeit (Jod in Jodmagnesium) hat, und trockene Schnitte hineinlegt, so färben sich die Membranen goldgelb oder feuerroth. Die Stärkekörner nehmen die gleiche Farbe an.

Sameneiweiss von Gladiolus segetum *Ker.*

58. Durchschnitte des Samens unmittelbar oder, nachdem sie zuvor mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser ausgewaschen wurden, nebst einigen Jodstückchen in einen Tropfen Wasser auf den Objectträger gebracht, färben ihre Membranen in kurzer Zeit schön-violett; der Ton geht bald mehr auf Roth bald mehr auf Blau. Das Wasser, in welchem die Schnitte liegen, wird angesäuert und färbt blaues Lakmuspapier schwach roth.

59. Jodwasserstoffsäure, in welcher Jod gelöst ist, färbt die Durchschnitte, wenn sie concentrirter ist, braun, wenn weniger concentrirt, schmutzig-violett. Diese Präparate sind getrocknet braungelb oder braunorange, und werden, wenn sie nach dem Eintrocknen mit Wasser etwas ausgewaschen und durch Jod gefärbt werden, violett und blauviolett, stellenweise selbst indigoblau.

60. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Membranen braunorange oder goldgelb. Zusatz von viel Wasser bewirkt violette Färbung. — Lässt man die Schnitte eintrocknen und benetzt sie dann mit Wasser, so treten oft nur braunrothe und schmutzig-violette Töne auf. Wäscht man sie aber mit Wasser etwas aus und färbt sie dann durch Jodstückchen, so erhält man schön violette und blauviolette Farben.

Sameneiweiss von Iris acuta *Willd.*

61. Wenn man Durchschnitte in destillirtem Wasser auf

den Objectträger legt und einige Stückchen Jod beifügt, so wird zuerst der Zelleninhalt gelb bis braun. Darauf färben sich die Zellwandungen langsam blass bräunlichgelb, dann nach und nach intensiv braungelb oder braun. Wasserhaltige frische Jodtinctur ruft die gleiche Farbe sogleich hervor.

62. Durchschnitte, welche mit frischer Jodtinctur eintrocknen und dann mit Wasser benetzt werden, zeigen braungelbe bis röthlichbraune Membranen.

63. Jod in Jodwasserstoffsäure färbt die Membranen rothbraun oder rothviolettbraun. Der Ton geht entschieden mehr auf Rothviolett als bei den Präparaten Nr. 61. Wendet man alte Jodtinctur an, oder lässt man die mit Wasser und Jod oder mit frischer Jodtinctur gefärbten Präparate längere Zeit feucht stehen, so dass sich Jodwasserstoffsäure bildet, so erhält man Farben, die ebenfalls nach Rothbraun und Rothviolettbraun zielen.

Schnitte, welche 10 Tage lang in jodhaltiger concentrirter Jodwasserstoffsäure gelegen hatten, zeigten in dieser Lösung eine braunrothe, bei Zusatz von Wasser eine schmutzig-violette Farbe. Längeres Liegen (während weitern 25 Tagen) in der nämlichen Flüssigkeit veränderte die Erscheinungen nicht.

64. Lässt man die durch Jodwasserstoffsäure und Jod braun und rothbraun gefärbten Präparate eintrocknen, und befeuchtet man sie darauf mit Wasser, so nehmen sie schmutzig-violette bis rein-violette Töne an. Ist die Säure nur in geringer Menge vorhanden, so zeigen oft nur die Ränder eines Durchschnittes violette Membranen, indessen der ganze übrige Schnitt braun geblieben ist.

Je nach der Menge des eingelagerten Jods ist sowohl die violette Farbe (Nr. 63) als die braungelbe (Nr. 61) und die rothbraune (Nr. 62) hell oder dunkel.

65. Jod in Jodkalium färbt die Membranen goldgelb bis braunorange, ohne eine Spur von Rothviolett. Diese Farbe kann durch eine gesättigte Jodkaliumlösung, in wel-

[redacted]

cher eine reichliche Krystallisation von Jodkalium stattfindet, und welche mehr oder weniger Jod gelöst enthält, nicht weiter verändert werden. Lässt man aber das Präparat eintrocknen, und befeuchtet dasselbe dann mit Wasser, so zeigen sich die Membranen violett. Befeuchtet man vor vollständigem Eintrocknen, so tritt diese Farbenänderung nicht ein.

Durchschnitte, welche 10 Tage lang in jodhaltiger concentrirter Jodkaliumlösung gelegen hatten, waren in dieser Lösung braunorange; bei Zusatz von Wasser färbten sie sich braunviolett. Diese Schnitte mit Jodkaliumjod eingetrocknet und mit Wasser befeuchtet wurden schön violett.

66. Jod in concentrirter Jodammoniumlösung färbt die Membranen braunorange.

67. Wenn man Schnitte mit frischer Jodtinctur tränkt, dann mit concentrirter Phosphorsäure übergiesst, so färben sich die Membranen kupferroth bis rothviolett. Erhitzt man bis zum Kochen, so quellen die Membranen stark auf und werden braungelblich. — Trockene Schnitte, mit Jodstückchen in concentrirte Phosphorsäure gelegt, färben ihre Membranen sehr langsam blass rothviolett.

68. Schnitte, welche mit frischer Jodtinctur übergossen, dann in concentrirte Schwefelsäure gelegt werden, zeigen stark aufgequollene hellblau gefärbte Membranen. Wendet man statt der concentrirten, zuerst verdünnte Schwefelsäure an, so werden die Membranen rothviolett; setzt man darauf concentrirte Säure zu, so findet starkes Aufquellen derselben statt und die Farbe geht in Hellblau über.

Sameneiweiss von Androsace septentrionalis *Lin.*

69. Werden Durchschnitte mit Jodstückchen auf dem Objectträger in Wasser gelegt, so bleiben die Membranen einige Zeit farblos. Erst etwa nach einer Stunde fangen sie an gelb zu werden und gehen nachher langsam durch Grün in Blau über. Wurden die Schnitte anfänglich ausgewaschen,

so reagirt jetzt die Flüssigkeit etwas sauer, und es ist wohl kein Zweifel, dass sich geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure gebildet haben.

70. Wendet man zur Färbung der Durchschnitte frische Jodtinctur und Wasser an, so bleiben die Membranen nur kurze Zeit farblos. Sie werden dann gelb; die gelbe Farbe verändert sich allmählich in Grün und Blau. Alte Jodtinctur reagirt auffallend schnell; sie färbt sogleich gelb und verursacht einen raschen Uebergang dieser Farbe durch Grün in Blau. Jod in Jodwasserstoffsäure übt ganz die gleiche Wirkung wie alte Jodtinctur. — Wenn die Entfärbung in Wasser geschieht, so verwandelt sich die blaue Farbe zuvor in Grün und Gelb.

71. Wenn die durch Jod und Jodwasserstoffsäure blaugefärbten Membranen eintrocknen, so geht diese Farbe durch Violett und Roth in Braunorange über. Bei Benetzung mit Wassser wird der ursprüngliche blaue Ton hergestellt. Lässt man die mit Jod und Jodwasserstoffsäure eingetrockneten Membranen nach dem Wiederbefeuchten durch Verdunstung sich entfärben, und lässt dann abermals, indem man jedoch das Auswaschen verhütet, Jod oder Jodlösung auf sie einwirken, so wird das gelbe und grüne Stadium der Reaction viel schneller durchlaufen, als anfänglich. Sind die Membranen durch die Einwirkung der Jodwasserstoffsäure aufgequollen, so tritt die blaue Färbung unmittelbar ein, indem die gelben und grünen Uebergangsfarben ganz mangeln.

72. Jod in verdünnter Jodkaliumlösung färbt die Membranen sogleich hellblau bis dunkelblau; in concentrirter Lösung bewirkt es braungelbe und braune Töne. Entfärben sich die blauen Membranen im Wasser, so werden sie zuvor hellblau. — Wenn die blaugefärbten Präparate eintrocknen, so verwandelt sich ihre Farbe durch Violett und Roth in Braun und Gelb.

[redacted]

Sameneiweiss von Cyclamen neapolitanum Ten.

73. Das Albumen dieser Pflanze verhält sich wie dasjenige von Androsace septentrionalis. Jod und Wasser bringt zuerst eine gelbe, dann grüne, zuletzt blaue Farbe hervor. Werden mehrere Schnitte in einen Tropfen Wasser gelegt, so reagirt derselbe schwach sauer. Wäscht man sie abwechselnd mit Ammoniak und mit Wasser während längerer Zeit gut aus, so dass sie keine Reaction mehr geben, und fügt dann einige Jodstückchen dem Wassertropfen, in welchem sie sich befinden, bei, so reagirt der letztere, sobald Bläuung erfolgt ist, deutlich sauer. Es hat sich also ohne Zweifel Jodwasserstoffsäure gebildet.

Die Gelbfärbung der Membranen erfolgt bald, nachdem die Schnitte mit der wässrigen Jodlösung in Berührung kamen. Der Uebergang des Gelb in Grün und Blau geschieht oft schon nach einer halben Stunde; er kann aber auch viele Stunden auf sich warten lassen. Im Allgemeinen tritt er um so früher ein, je geringer die Wassermenge ist. Trocknen die gelben Membranen mit überschüssigem Jod früher oder später ein, so werden sie schwarz und beim Befeuchten mit Wasser schön-blau.

b. Unterbricht man den Process der Färbung durch Wegnahme der auf dem Präparat befindlichen Jodstückchen, so entfärben sich die Membranen ziemlich rasch, indem die Töne heller werden ohne zu wechseln. Die vollkommen blauen Zellwände gehen durch Hellblau, die grünen durch Hellgrün und die gelben durch Hellgelb in den farblosen Zustand über.

74. Die durch Jod und Wasser blaugefärbten Schnitte (Nr. 73) sind, nachdem sie mit überschüssigem Jod eintrockneten, schwarz, in äusserst dünnen Partieen dunkelbraun. Mit Wasser befeuchtet werden sie blau, dann grünlich, hell grüngelb und zuletzt farblos. Ist kein überschüssiges Jod anwesend, so verwandelt sich die blaue Farbe beim Ein-

trocknen durch Violett in Rothbraun, in Braunorange und in Gelb.

75. Der Rand des Wassertropfens, in welchem Schnitte des Sameneiweisses mit Jodstückchen liegen, färbt sich blau. Wahrscheinlich sind es Theilchen der Membran, die sich im Wasser verbreiten und an dem Rande anhäufen. Beim Eintrocknen geht die blaue Farbe dieser Substanz durch Violett und Roth in Orange und Gelb über.

76. Wenn man Schnitte durch metallisches Jod, wie Nr. 73 angegeben, blau gefärbt hat, dieselben dann durch Wegnahme der Jodstückchen in dem nämlichen Wassertropfen sich entfärben lässt und nun wieder metallisches Jod zusetzt, so färben sie sich das zweite Mal viel schneller blau. Bei der zweiten Färbung treten das gelbe und grüne Stadium nicht so entschieden und so intensiv auf, wie bei der ersten; sie sind heller und gehen mehr auf Braun, oder sie mangeln auch ganz. In einem Falle dauerte es eine Stunde, bis ein Schnitt durch einen unmittelbar auf demselben liegenden Jodsplitter blau gefärbt war. Das zweite Mal erlangte derselbe, nachdem der Wassertropfen durch neue Zufuhr auf seine anfängliche Grösse completirt war, und unter übrigens gleichen Umständen die blaue Farbe von gleicher Intensität in 10 Minuten.

Werden dagegen die blaugefärbten Schnitte Nr. 73 mit Wasser ausgewaschen, so verhalten sie sich, als ob sie nicht gefärbt gewesen wären. Wenn man sie mit Jodstückchen in einen Wassertropfen von bestimmter Grösse legt, so bedürfen sie zur Blaufärbung die nämliche Zeit wie das erste Mal.

77. Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure färbt die Schnitte blau; der Uebergang geschieht sehr rasch durch ein schmutziges und blasses Braungrün. Bei Anwendung von Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure gehen die Membranen schnell durch ein blasses Braun und Rothviolett in Dunkel-

[redacted]

blau über. Bei Zusatz von Wasser erscheinen sie theils schön-blau, theils grünlichblau.

78. Die durch Jod und Jodwasserstoffsäure intensiv blaugefärbten Membranen gehen beim Trocknen durch Violett in Braun, die hellblauen durch Violett und Roth in Orange und Braungelb über. Beim Befeuchten mit Wasser werden sie alle schön-blau.

79. Die durch Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure blaugefärbten Schnitte werden bei Zusatz von Wasser ziemlich rasch entfärbt, wobei das Blau durch ein blasses Blaugrün in den farblosen Zustand übergeht.

80. Jod in concentrirter Jodammoniumlösung oder in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die trockenen Schnitte intensiv braunorange. Bei Zusatz von Wasser geht die Farbe durch Violett in Blau über.

81. Wenn man trockene Schnitte mit einigen Stückchen Jod in concentrirte Phosphorsäure legt, so färben sie sich langsam blau. Die Farbe beginnt mit einem matten Hellblau.

82. Trockene Schnitte werden durch Joddämpfe rasch *gelb*, dann braun und fast schwarz gefärbt. Das Jod wird zuerst von dem Inhalt aufgenommen, nachher von der Wandung. Diese zeigt sich hellgelb bis braungelb; und zwar lagert sich das Jod früher und in grösserer Menge in die Intercellularsubstanz ein, welche braungefärbt ist, während die übrige Membran noch hellgelb erscheint.

83. Zusatz von Wasser färbt die Membranen der trockenen Schnitte, welche Joddämpfen ausgesetzt waren (Nr. 82) sogleich blau. Der Uebergang geschieht sehr schnell durch Grün.

Baumwolle.

84. Wässerige Jodlösung lässt die Membranen der Baumwollfäden farblos. Legt man einige Jodstückchen auf das feuchte Präparat und lässt dasselbe eintrocknen, so bleiben die Membranen auch nach dem Wiederbenetzen ungefärbt. Man kann die Operation mit gleicher Erfolglosigkeit wenig-

stens noch 3 Mal wiederholen. — Es bildet sich bei diesem Process vielleicht etwas Jodwasserstoffsäure; allein die Menge derselben ist nicht hinreichend, um eine Färbung der Baumwollfäden zu verursachen.

85. In frischer mehr oder weniger wasserhaltiger Jodtinctur bleiben die Membranen der Baumwollfasern ebenfalls farblos. Diess ändert sich auch nicht, wenn man das Präparat eintrocknen lässt und dann wieder mit Wasser oder wässriger Jodlösung oder wasserhaltiger frischer Jodtinctur befeuchtet.

86. Alte Jodtinctur mit oder ohne Wasser färbt die Membranen sogleich schwach-gelb bis braun. Nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser sind dieselben gelb, braun, roth oder blau; der Farbenton hängt zum Theil von der Natur der Fäden, vorzüglich aber von der Menge der in der Tinctur enthaltenen Jodwasserstoffsäure ab, indem eine geringe Quantität der letztern nur gelbe oder braune, eine grössere Quantität dagegen violette und blaue Töne hervorruft. Desswegen bewirkt bei diesem Verfahren die gleiche Tinctur, wenn sie ganz concentrirt angewendet wird, Bläuung, während sie mit Wasser verdünnt nur braungelb zu färben vermag.

87. Jod in wasserhaltiger Jodwasserstoffsäure färbt die Membranen braungelb; bei längerer Einwirkung, während welcher durch Verdunstung des Wassers die Säure concentrirter wird, geht die braungelbe Farbe in Braun und Braunroth über. Zusatz von Wasser färbt je nach der stattgefundenen Einwirkung kupferroth, violett oder blau. Nach 24stündiger Einwirkung einer concentrirten Säure sah ich die Fäden durch dieses Verfahren schön-blau werden; bei allmählichem Zusatz von Wasser ging die braunrothe Farbe zuerst in Roth, dann in Violett, zuletzt in Blau über.

Wird die Baumwolle mit Jodwasserstoffsäure gekocht, so verändert sie ihre Natur nicht.

[redacted]

88. Werden die durch Jod, concentrirte Jodwasserstoffsäure und Wasser blaugefärbten Fäden (Nr. 87) mit Wasser oder mit Wasser und Ammoniak ausgewaschen, so dass sie farblos und frei von Säure sind, und legt man dann einige Stückchen Jod auf das Präparat, so bleibt dasselbe vollkommen farblos; auch frische Jodtinctur färbt es nicht.

89. Werden die Baumwollfäden nach 48stündigem Liegen in concentrirter Jodwasserstoffsäure mit Wasser oder mit Wasser und Ammoniak ausgewaschen, so färben sie sich durch Jod in Jodammonium intensiv kupferroth und nach allmählichem Zusatz von Wasser violettroth, dann violett und zuletzt blau.

90. Jod in Jodammoniumlösung färbt die Membranen intensiv braunroth. Zusatz von Wasser entfärbt sie schnell, indem sie zuvor hellbraun, hellkupferroth oder selbst hellviolett werden. Jodstückchen auf das Präparat gelegt vermögen demselben keine Farbe mehr zu geben, ebensowenig frische Jodtinctur.

91. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Baumwolle braungelb oder braun. Zusatz von Wasser bewirkt braunrothe, schmutzigviolette, seltener auch schmutzigblaue Töne. Wenn man das Präparat mit Jodkaliumjodlösung eintrocknen lässt und dann wieder befeuchtet, so zeigen sich einige Fäden kupferroth, die meisten aber violett bis blau. Der Ton ist jedoch gewöhnlich etwas trüb und schmutzig.

92. Jod in verdünnterer Jodzinklösung färbt die Baumwolle gelb bis braungelb, in concentrirter intensiv braun und braunroth. Die letztere Farbe geht bei Zusatz von Wasser durch helle braunrothe, braunviolette, violette oder schmutzigblaue Töne in den farblosen Zustand über. Lässt man das Präparat mit Jodzinklösung während längerer Zeit offen stehen, so trocknet es nicht vollständig ein; die Fäden werden violett, und, indem bei längerem Stehen das Jod aus denselben

entweicht, hell rothviolett. Zusatz von Wasser färbt alle blau; das Blau ist an den einen Fäden rein, an den andern matt oder geht etwas ins Grünliche, in's Bräunliche oder Violette.

b. Werden die durch längere Einwirkung von Jodzinkjod violett gefärbten Fäden mit Wasser vollständig ausgewaschen, so bleiben sie in wasserhaltiger frischer Jodtinctur vollkommen farblos, und nehmen in Berührung mit verdünnter Jodzinkjodlösung sogleich violette oder mattblaue Töne an.

93. Legt man Baumwolle in mehr oder weniger concentrirte Chlorzinklösung und bringt dann einige Stückchen Jod auf das Präparat, so bleibt dieselbe zuerst farblos. Nach mehreren Stunden fangen die in nächster Nähe der Jodcrystalle befindlichen Fäden an, sich schwach blau zu färben. Die Farbe kann nach und nach intensiv werden.

Was die blaue Färbung betrifft, so besteht rücksichtlich der Zeit ihres Eintritts (nach 2—24 Stunden) und rücksichtlich ihrer Stärke eine ausserordentliche Verschiedenheit; beides hängt wohl wesentlich von der Concentration der Lösung ab. Einige Male sah ich der blassblauen Färbung einen sehr schwachen rosenrothen Ton vorausgehen.

94. Wenn man auf Baumwolle, welche in concentrirter Chlorzinklösung sich befindet, frische Jodtinctur einwirken lässt, so tritt fast sogleich an einzelnen Fäden hellblaue Färbung ein. Nach und nach werden auch die übrigen hellblau. Zuweilen erhält man ziemlich intensive Färbungen.

95. Wird Baumwolle in concentrirter Chlorzinklösung erwärmt, so dass die Fäden vollständig desorganisirt werden und in eine Gallerte sich verwandeln, so bewirkt frische Jodtinctur und Wasser reinblaue intensive Färbung. — Es tritt ebenfalls blaue Färbung ein, aber sehr langsam und blass, wenn man statt der Jodtinctur metallisches Jod allein oder mit etwas Wasser anwendet.

96. Wenn die Gallerte Nr. 95 mit Wasser ausgewaschen

[redacted]

und dann metallisches Jod oder frische Jodtinctur zugefügt wird, so tritt keine Färbung ein.

97. Wird zu wässriger oder weingeistiger Jodlösung etwas Jodsäure zugesetzt, so färben sich darin die Baumwollfäden nicht. Auch nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser bleibt das Präparat farblos.

98. Frische Jodtinctur mit concentrirter Phosphorsäure gemischt, lässt anfänglich die Baumwolle ungefärbt. Nach einiger Zeit jedoch nimmt diese eine röthlichbraune, wenig intensive Farbe an.

Wenn Baumwolle mit Phosphorsäure erhitzt wird, bis die Fäden stark aufquellen, so werden sie durch frische Jodtinctur und Wasser schön-blau. Die wenig aufgequollenen Fäden zeigen eine schmutzig-blaue oder blaugrüne Farbe.

99. Legt man Baumwolle in Phosphorsäure und lässt das Präparat offen während 12—24 Stunden stehen, wäscht man dasselbe dann gut aus, so bringt Jod keine Färbung hervor.

b. Wenn man durch Kochen in Phosphorsäure aufgequollene und durch Jodtinctur blaugefärbte Fäden (Nr. 98) mit Ammoniak und Wasser gut auswäscht, so bleiben sie bei Zusatz von wässriger oder weingeistiger Jodlösung theils farblos, theils nehmen sie einen ganz blassen und matten bläulichen Ton an. Fügt man einen Tropfen Phosphorsäure zu, so wird die frühere intensive und rein-blaue Färbung wieder allmählich hergestellt.

100. Salzsäure, welche gleichzeitig mit metallischem Jod oder mit weingeistiger Jodlösung auf Baumwolle einwirkt, verursacht gelbbraune, rothbraune oder schmutzig-violettrothe Färbung.

Wird die Baumwolle mit Salzsäure gekocht, bis die Fäden in kleine Stücke zerfallen, so bewirken Jodstückchen, die in die Salzsäure gelegt werden, oder Jodtinctur ebenfalls gelbe bis grünlichbraune und violettrothe Färbungen.

Werden in den beiden genannten Fällen die Präparate vor oder nach Einwirkung des Jod mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser ausgewaschen, so bleiben sie bei Anwendung von wässriger oder weingeistiger Jodlösung vollkommen farblos.

101. Baumwolle mit Jodstückchen in Salpetersäure gelegt, oder gleichzeitig mit Salpetersäure und mit wässriger oder weingeistiger Jodlösung behandelt, bleibt durchaus ungefärbt. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man die Baumwolle mit Salpetersäure kocht, bis die Fäden in kleine Stücke zerfallen, und dann metallisches Jod oder wässrige Jodlösung oder Jodtinctur beifügt.

102. Baumwolle, mit Kupferoxydammoniak behandelt, so dass viele Fäden sehr stark aufquellen, dann mit Wasser und Citronensäure ausgewaschen, wird durch wässrige Jodlösung und durch wasserhaltige frische Jodtinctur nicht gefärbt.

103. Baumwolle, mit Aetzkalilösung erhitzt, so dass die Fäden ziemlich aufquellen, dann mit Wasser und mit Citronensäure vollkommen ausgewaschen, bleibt bei Zusatz von Jodkrystallen oder von frischer Jodtinctur farblos. Wird das Präparat nicht gut ausgewaschen, und bleibt Kali in den Fäden zurück, so bildet sich bei Zusatz von Jod Jodkalium und es tritt (wegen der Anwesenheit von Jod in Jodkalium) eine braune, schmutzigviolette oder schmutzig-blaue Färbung ein.

104. Baumwolle, mit chlorsaurem Kali in Salpetersäure behandelt, dann mit Wasser ausgewaschen, wird durch wässrige Jodlösung oder frische Jodtinctur nicht gefärbt.

105. Wenn man Baumwolle auf einem Objectträger mit einem Tropfen frischer Jodtinctur übergiesst und dann sehr verdünnte Schwefelsäure zusetzt, so bleiben die Membranen farblos. Ist die letztere etwas concentrirter, so nehmen sie eine braune Farbe an; bei steigender Concentration der Säure wird der Ton braunroth, braunviolett, schmutzigblau,

[redacted]

und bei grösster Concentration reinblau. Setzt man zu einem Präparat, welches entsprechend dem angewendeten Concentrationsgrad eine der genannten Farben angenommen hat, Wasser zu, so tritt Entfärbung ein. Vor derselben findet aber meistens eine Aenderung des Farbentons nach Blau hin statt; Braun z. B. wird blass violett, Braunroth wird blass blau.

Man kann, um Baumwolle durch Jod und Schwefelsäure blau zu färben, zuerst jene mit Schwefelsäure behandeln und dann zu dem Präparat frische Jodtinctur zusetzen. Viel zweckmässiger aber ist es, die Baumwolle mit Jodtinctur, sei es auf dem Objectträger, sei es in einem Uhrglas zu befeuchten und dann allmählich so lange concentrirte Schwefelsäure zuzusetzen, bis Bläuung erfolgt. Die Anwendung von Schwefelsäure und wässriger Jodlösung, oder von Jodstückchen, welche man auf das Schwefelsäure-Präparat legt, ist desswegen unstatthaft, weil das Jod in der Säure so schwer sich löst und die Färbung daher so äusserst langsam eintritt.

106. Wenn auf einem Präparat Baumwollfäden mit den verschiedenen Jodreactionen, welche ungleiche Concentrationsgrade der Schwefelsäure hervorrufen (Nr. 105), neben einander liegen, und wenn man das Präparat unbedeckt stehen lässt, so entfärben sich zuerst die braunen, dann die rothen, später die violetten, und zuletzt die blauen Fäden. Die letztern gehen durch Hellblau in den farblosen Zustand über.

107. Baumwolle wurde mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, so dass die Fäden stark aufquollen und in eine Gallerte zerflossen, dann mit Wasser und Ammoniak, nachher mit Citronensäure und mit Wasser ausgewaschen. Jodstückchen, auf das Präparat gelegt, liessen dasselbe ungefärbt; nur an einzelnen Stellen zeigten sich schwache Töne einer blauen Färbung. Frische Jodtinctur bewirkte ebenfalls nur stellenweise hellblaue, meistens etwas schmutzige oder in's Grünliche gehende Färbung. Zusatz von Schwefelsäure dagegen rief sogleich eine intensiv reinblaue Farbe hervor. —

Sicherer ist der Versuch, wenn man die durch Jod und Schwefelsäure blaugefärbte Baumwolle (Nr. 105) auswäscht und dann wässrige oder weingeistige Jodlösung zufügt. Der Erfolg ist derselbe. — Das Nämliche beobachtet man bezüglich der übrigen Reactionen von Jod und Schwefelsäure. Fäden, die gelb, braun, roth oder violett gefärbt waren, bleiben nach vollständigem Auswaschen der Schwefelsäure bei erneuerter Anwendung von Jod farblos.

108. Wenn die durch Schwefelsäure und Jod indigoblau gefärbten Baumwollfäden (Nr. 105) ausgewaschen und dann durch Jod in Jodkalium gefärbt werden, so ruft eine concentrirtere Jodkaliumlösung braune Töne hervor. Bei geringerer Concentration tritt rothe, bei noch geringerer schön violette, und bei grösstem Wassergehalt rein blaue Färbung ein.

Ganz ebenso wie Jodkaliumjod verhält sich eine Lösung von Jod in Jodammonium.

109. Wenn die durch Jod und Schwefelsäure blaugefärbte Baumwolle durch Ammoniak entfärbt wird, so geht das Blau durch Violett und Blassroth in den farblosen Zustand über. Viele Fäden zeigen im Innern (im Lumen) zahlreiche winzige schwarze Körnchen, andere an der Oberfläche grössere und kleinere schwarze Klumpen. Dieser körnige Niederschlag ist Jodstickstoff.

110. Wenn man trockene Baumwolle Joddämpfen aussetzt (was am einfachsten dadurch geschieht, dass man ein Probirröhrchen, in welchem metallisches Jod sich befindet, mit einem Pfropf von Baumwolle verschliesst), so wird sie zuerst gelb, dann braungelb, braun und zuletzt schwarzbraun. Unter dem Mikroskop zeigen die Fäden, in Luft, in Alkohol oder in Oel betrachtet, dieselben Farben.

111. Befeuchtet man die Fäden von Nr. 110 so verändern die einen ihre Farbe nicht, andere nehmen einen braunrothen, braunvioletten oder selbst graublauen Ton an. Alle aber gehen bald in den farblosen Zustand über. Nach-

[redacted]

dem sie mit Wasser ausgewaschen worden, verhalten sie sich wie im unveränderten Zustande.

112. Legt man die durch mehrtägige Einwirkung von Joddämpfen dunkelbraun gefärbte Baumwolle in vollkommen gesättigte wässrige Jodlösung, welche mit metallischem Jod in einem Glase verschlossen ist, so sind nach einer halben Stunde die Membranen der meisten Fäden farblos, manche indess zeigen noch eine bräunliche oder bläulichgrünliche aber ganz blasse Färbung. Nachher entfärben sie sich ebenfalls, indem nur der Zelleninhalt seine gelbe bis braungelbe Farbe behält.

Bastfasern des Hanfes.

113. Wässrige Jodlösung oder wasserhaltige Jodtinctur lässt die Membran der Hanffasern ungefärbt.

114. Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure färbt die Fasern blassbraun, wobei der Ton bald mehr auf Gelb, bald mehr auf Roth und Violett geht. Benetzt man das Präparat mit viel Jodwasserstoffsäure und lässt dasselbe unbedeckt 12—24 Stunden stehen, sodass die Lösung der Säure gesättigt wird, so nehmen die Fasern einen braunen Ton an, der bald mehr in Roth bald mehr in Violett spielt. Bei Zusatz von Wasser verwandelt er sich durch ein schmutziges Violett in ein blasses und mattes Blau oder Graublau.

115. Hanf, mit frischer Jodtinctur übergossen, eingetrocknet und dann mit Wasser befeuchtet, bleibt farblos. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man der frischen Jodtinctur Jodsäure oder Essigsäure beifügt.

116. Wenn man frische Jodtinctur mit etwas concentrirter Salzsäure mischt, so verleiht sie den Hanffasern eine blasse braunviolette Färbung. Nach dem Eintrocknen des Präparates und Wiederbefeuchten mit Wasser sind die Fasern farblos.

117. Hanffasern, mit frischer Jodtinctur und etwas Jodwasserstoffsäure eingetrocknet und dann mit Wasser befeuch-

tet, zeigen eine braunviolette Färbung, indess allfällig anhängende Parenchymzellen schön-indigoblau sind.

118. Wenn man Hanf mit frischer Jodtinctur und concentrirter Phosphorsäure auf dem Objectträger stehen lässt, so werden die Membranen braun oder braunroth.

119. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Hanffaser braun. Zusatz von Wasser bewirkt rasche Entfärbung, wobei oft ein schmutzigvioletter oder grauer Ton sichtbar wird. Wenn das Präparat mit Jodkaliumjodlösung eintrocknet und dann mit Wasser befeuchtet wird, so entweicht das Jod ebenfalls rasch aus den Membranen; an einzelnen ist eine kupferrothe oder blass violette Färbung wahrzunehmen.

120. Jodzinklösung mit wenig Jod färbt die Hanffasern gelb, mit mehr Jod braunorange. Lässt man das Präparat offen stehen, so dass durch Verdunstung des Wassers die Jodzinklösung sehr concentrirt wird, so geht die Farbe der Fasern allmählich in ein helles Violett über.

121. Wenn man die Hanffasern durch Jodtinctur und Schwefelsäure blau färbt und dann das Präparat offen stehen lässt, so tritt durch Verdunstung allmähliche Entfärbung ein, wobei das intensive Blau durch Hellblau in Farblos übergeht.

122. Wenn Hanf, der mit concentrirter Schwefelsäure bis zu theilweiser Auflösung behandelt, oder mit Jod und Schwefelsäure intensiv gebläut worden, durch Wasser oder durch Ammoniak und Wasser vollkommen ausgewaschen wird, so bleibt er bei Behandlung mit wässriger Jodlösung oder mit frischer Tinctur stellenweise farblos, stellenweise nimmt er eine schmutzig graublaue, nirgends aber intensive Färbung an. — Bei Zusatz von Schwefelsäure tritt sogleich die charakteristische intensive und schön-blaue Färbung ein; der Uebergang von dem matten Graublau geht durch Kupferroth und Violett, was man deutlich an den Fäden beobachtet, die an der Gränze der Schwefelsäure sich befinden.

[redacted]

123. Wenn die durch Jod und Schwefelsäure gebläuten, dann gut ausgewaschenen Hanffasern (Nr. 122) mit Jod in concentrirter Jodkaliumlösung übergossen und dann mit Wasser versetzt werden, so zeigen sie sich nur stellenweise ziemlich rein-blau. Im Allgemeinen ist der blaue Ton viel blasser und viel schmutziger als mit Jod und Schwefelsäure.

Jod in Jodwasserstoffsäure verhält sich wie Jod in Jodkaliumlösung.

Das gleiche Resultat erhält man auch, wenn man die gut ausgewaschenen Präparate (Nr. 122) mit alter Jodtinctur übergiesst, dann eintrocknen lässt und wieder mit Wasser oder wässriger Jodlösung befeuchtet. Die Färbung ist stellenweise ziemlich reinblau aber nicht intensiv, stellenweise schmutzig-graublau. Nach Zusatz von Schwefelsäure geht diese Farbe durch Rothviolett und Blauviolett in Indigo über.

Parenchym des Blattes von Agave americana *Lin.*

124. Jod in wässriger Lösung oder wasserhaltiger Tinctur färbt die Zellmembranen von Durchschnitten nicht.

125. Schnitte, welche mit alter Jodtinctur oder mit solcher und etwas Jodwasserstoffsäure eingetrocknet sind und darauf mit Wasser benetzt werden, erscheinen gelblich oder blass-bräunlich.

126. Lässt man Schnitte während längerer Zeit (24 Stunden und länger) mit jodhaltiger Jodwasserstoffsäure, welche von Zeit zu Zeit erneuert wird, unbedeckt auf dem Objectträger, so nehmen die Membranen zuerst eine gelbliche, dann bräunliche, nachher braunviolette und zuletzt violette Färbung an. Wenn sie beinahe eintrocknen, so werden sie braunroth und braungelb. Setzt man dagegen Wasser zu, so geht das Violett in Blau über.

127. Schnitte, die längere Zeit mit Jodzinkjodlösung unbedeckt auf dem Objectträger sich befinden, werden braun und nachher violett. Zusatz von Wasser führt diese Farbe durch

Blauviolett in ein mattes helles Blau und dann in den farblosen Zustand über.

b. Wenn die durch Jodzinkjod während längerer Einwirkung violettgefärbten Schnitte mit Wasser vollständig ausgewaschen werden, so verhalten sie sich nicht genau wie frische Schnitte. Reine Jodtinctur mit Wasser lässt die Membranen zwar ungefärbt; aber Jodzinkjodlösung färbt sie schon matt-blau, indess die Zellwände an frischen Schnitten noch farblos bleiben.

128. Jod in gesättigter Jodkaliumlösung färbt die Membranen braungrün. Bei Zusatz von Wasser geht die Farbe durch ein mattes Blaugrün in ein mattes Blau und dann in den farblosen Zustand über. Trocknen die Schnitte mit Jodkaliumjod ein, so sind die Membranen braun und nehmen, nachdem sie mit viel Wasser übergossen wurden, einen intensivblauen Ton an.

129. Jod und Schwefelsäure verleihen den Membranen eine reinblaue Farbe, welche nach längerem Stehen durch reines Hellblau in den farblosen Zustand übergeht; bei Zusatz von Wasser erfolgt die Entfärbung schon nach einiger Zeit durch ein mehr mattes oder schmutziges Hellblau.

130. Wenn die Schnitte, welche durch Jod und Schwefelsäure rein-blau gefärbt waren (Nr. 129), durch destillirtes oder gewöhnliches Wasser während längerer Zeit (24 Stunden) ausgewaschen werden, so bewirken Jod oder frische Jodtinctur und Wasser unmittelbar keine Färbung an den Zellmembranen, indess der Zelleninhalt braungelb wird. Erst nach einiger Zeit (1 Stunde und mehr), gewöhnlich erst beim Eintrocknen des Präparats werden die Schnitte violett bis blau (ohne Zweifel in Folge von Jodwasserstoffsäurebildung).

131. Die durch Jod und Schwefelsäure reinblau gefärbten und dann gut ausgewaschenen Präparate (Nr. 130) werden durch Jod in verdünnter Jodkalium-, Jodammonium- oder

Jodzinklösung, sowie in verdünnter Jodwasserstoffsäure schönviolettblau bis blau, während concentrirtere Lösungen dieser Verbindungen braunviolette und braune Töne bedingen. Man erhält ebenfalls eine schön-violettblaue Färbung, wenn man die durch Schwefelsäure und Jod blaugefärbten Präparate durch Aetzkali oder Ammoniak entfärbt, dann nur unvollständig mit Wasser auswäscht und nachher metallisches Jod oder frische Jodtinctur zusetzt.

132. Die violettblauen Präparate (Nr. 131) behalten nach dem Eintrocknen ihre Farbe oder sie werden rothviolett bis kupferroth. Wasser stellt die ursprüngliche Farbe wieder her. Die violette Färbung des trockenen Präparats ergiebt sich dann, wenn letzteres überschüssiges Jod enthält; die kupferrothe, wenn kein metallisches Jod vorhanden ist und dessnahen das in die Membranen eingelagerte Jod zu entweichen beginnt.

Die trockenen violetten Schnitte, über der Weingeistflamme erwärmt, werden zuerst roth, dann orange, dann braungelb und gelb und zuletzt farblos. Zusatz von Wasser oder, wenn das Jod schon grösstentheils entwichen ist, von wässriger Jodlösung färbt wieder schön-blauviolett.

Rindenparenchym der Zweige von Sambucus nigra.

133. Durchschnitte durch die Rinde werden von wasserhaltiger frischer Jodtinctur schwach braungelb. Mit frischer Jodtinctur übergossen, eingetrocknet und dann mit Wasser befeuchtet, zeigen sie die nämliche Färbung und gehen nach und nach in den farblosen Zustand über.

134. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man frische Jodtinctur gleichzeitig mit Oxalsäure, Weinsteinsäure oder Citronensäure einwirken lässt, oder wenn die Präparate mit einer dieser Säuren eintrocknen und dann mit Jod behandelt werden, oder wenn man sie mit frischer Jodtinctur und einer Säure eintrocknen lässt und dann mit Wasser befeuchtet.

135. Frische Jodtinctur, welcher etwas Jodwasserstoff-

säure zugesetzt wird, färbt ebenfalls braungelb. Nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser werden die Membranen blau.

Alte Jodtinctur verhält sich ganz wie frische Jodtinctur und Jodwasserstoffsäure.

136. Wenn man einen Schnitt, der mit viel Jodwasserstoffsäure übergossen wurde, während 12—24 Stunden stehen lässt, wobei die Säure sehr concentrirt wird, so nehmen die Membranen eine rothviolette Farbe an. Bei Zusatz von Wasser geht dieselbe durch Violett und Blassblauviolett in den farblosen Zustand über.

137. Schnitte, welche mit Jodzinkjodlösung längere Zeit (12—24 Stunden) unbedeckt auf dem Objectträger bleiben, färben ihre Membranen roth-violett. Zusatz von metallischem Jod führt diese Farbe in ein dunkles mattes Blauviolett über, welches bei Benetzung mit einer reichlichen Menge Wasser in ein intensives Blau sich umwandelt.

b. Wenn man die violetten Präparate im Wasser vollständig auswäscht, so unterscheiden sie sich merklich von frischen Schnitten. Frische Jodtinctur und Wasser färben ihre Membranen zwar nicht; aber verdünnte Jodzinkjodlösung verleiht den Collenchymzellen sogleich und dem Parenchym nach kurzer Zeit einen blassblauen Ton, indess die Membranen an frischen Schnitten noch vollkommen farblos bleiben.

138. Frische Jodtinctur und concentrirte Phosphorsäure gleichzeitig angewendet ertheilen den Membranen keine bemerkbare Färbung. Wird das Präparat über der Weingeistflamme oder im Ofen erhitzt und getrocknet, darauf mit Wasser befeuchtet, so sind die Zellwände aufgequollen und zeigen eine schöne intensivblaue Farbe, als ob Jod und Schwefelsäure auf sie eingewirkt hätten. Den gleichen Erfolg erhält man, wenn man Schnitte mit Phosphorsäure bis zum Aufquellen der Membranen erhitzt und dann Jod zusetzt.

139. Werden die Schnitte mit concentrirter Phosphor-

säure bis zum Aufquellen der Zellwände erhitzt, dann vermittelst Ammoniak und Wasser gut ausgewaschen, so bewirkt wasserhaltige frische Jodtinctur entweder gar keine oder nur eine blass bläuliche Färbung, welche nach dem Eintrocknen und Wiederbefeuchten mit Wasser und Jod nicht intensiver wird.

140. Gleichzeitige Einwirkung von Salzsäure und Jod, ebenso Eintrocknenlassen mit Salzsäure und Jodtinctur und dann Wiederbefeuchten mit Wasser bewirken keine blaue Färbung.

Chaetomorpha aerea *Kg.* (Weingeistexemplare).

141. Die Membranen werden durch wässrige oder wasserhaltige weingeistige Jodlösung nicht gefärbt.

142. Jod in concentrirter Jodwasserstoffsäure verleiht den Membranen selbst nach 24stündiger Einwirkung bloss eine wenig intensive gelbe Farbe. — Mit alter Jodtinctur, der noch etwas Jodwasserstoffsäure zugesetzt wurde, zweimal eingetrocknet und dann mit Wasser befeuchtet, nahmen sie *einen intensiv* gelben Ton an.

143. Mit Jodkaliumjod eingetrocknet und wieder befeuchtet färben sich die Membranen gelb.

144. Mit Jodtinctur eingetrocknet und dann mit concentrirter Phosphorsäure übergossen, nehmen die Membranen eine gelbe bis braungelbe Farbe an. Dieselbe ändert sich nicht, wenn man Phosphorsäure und Jod während 24 Stunden einwirken lässt.

145. Werden die mit Jodtinctur eingetrockneten und in Phosphorsäure gelegten Fäden erhitzt und dann abermals mit Tinctur und Säure behandelt, so gelingt es oft, die Membranen, mit Ausschluss der braungelben Cuticula, mehr oder weniger schön-violett bis blau zu färben.

146. Jodtinctur und Schwefelsäure färben die Membranen schön-blau.

147. Wenn die durch Jod und Schwefelsäure blauge-

färbten Fäden (Nr. 146) mit Wasser oder mit Ammoniak und Wasser gut ausgewaschen werden, so bringen Wasser und metallisches Jod oder frische Jodtinctur und Wasser unmittelbar keine Färbung hervor. Lässt man das Präparat stehen, so tritt nach einiger Zeit (1/2—1 Stunde) allmählich Bläuung ein. Meist erfolgt sie erst beim Eintrocknen und dann ziemlich rasch.

b. Die durch Jod und Schwefelsäure gebläuten, dann gut ausgewaschenen Schnitte werden durch Jod in Jodwasserstoffsäure oder Jod in Jodkalium sogleich violett bis blau gefärbt.

148. Die trockenen Membranen, welche man während einigen Stunden Joddämpfen aussetzt, werden braungelb. In Wasser entfärben sie sich rasch; in Jodwasserstoffsäure oder Jodzink, in welchem Jod gelöst ist, behalten sie ihre gelbe bis braungelbe Farbe.

Altes Fichtenholz (Abies excelsa *Dc.*)

149. Wässrige Jodlösung oder wasserhaltige frische Jodtinctur färbt die Membranen schön-gelb bis braungelb. Beim Eintrocknen des Präparates bleibt die Farbe die nämliche; nur wird sie heller, wenn kein überschüssiges Jod vorhanden, intensiver, wenn Jodsplitter zugegen sind.

150. Jod in Jodwasserstoffsäure bringt die gleiche Färbung hervor wie Jodtinctur (Nr. 149). Lässt man ein Präparat 12—24 Stunden stehen, indem man einigemal Jodwasserstoffsäure zusetzt, wobei ein Eintrocknen nicht stattfindet, so werden die Membranen dunkelbraun. Dünne Schnitte erscheinen braungelb oder braunorange. Auf Zusatz von Wasser geht diese Farbe über in ein schmutziges und braunes Grün oder Blaugrün.

151. Jod in concentrirter Jodammoniumlösung färbt die Membranen intensiv-braunorange. Eingetrocknet und wieder mit Wasser befeuchtet sind sie braun, stellenweise auch grünlichbraun und schmutzig blaugrün oder selbst schmutzig-blau.

[redacted]

152. Jod in concentrirter Jodkaliumlösung färbt die Membranen dunkel-braunorange. Zusatz von Wasser ändert die Farbe in Braungelb und Gelb. Lässt man das Präparat in Jodkaliumjodlösung eintrocknen und befeuchtet es nachher mit Wasser, so geht die braune Farbe der Membranen stellenweise mehr oder weniger auf Grünlich und selbst auf Schmutzigblau.

153. Jod in verdünnter Jodzinklösung färbt gelb, in concentrirterer Lösung braun. Lässt man das Präparat unbedeckt stehen, so dass das Jod und das Wasser theilweise verdunsten, so nehmen die Membranen einen schön-violetten Ton an. Wenn in diesem Zustande metallisches Jod auf das Präparat gelegt wird, so färben sich die Membranen dunkler, sie werden aber zugleich schmutzig und braunroth oder braunorange. Die gleiche Farbenänderung erfolgt, wenn man statt metallischen Jods Jodzinkjod zusetzt. Werden diese Präparate mit viel Wasser übergossen, so färben sich die Membranen grünlichblau bis mattblau.

154. Wenn man Schnitte mit frischer Jodtinctur tränkt, und dann in concentrirte Phosphorsäure legt, so erscheinen die Membranen braunorange oder braungelb. Die Farbe verändert sich nicht, wenn man das Präparat mehrmals bis zum Kochen erhitzt.

Legt man Schnitte mit einigen Stückchen Jod in concentrirte Phosphorsäure, so färben sie sich langsam gelb, und behalten diese Farbe auch nach tagelanger Einwirkung.

Kocht man die Schnitte in concentrirter Phosphorsäure, so dass die Membranen stark aufquellen (aber farblos bleiben), so werden sie durch metallisches Jod oder frische Jodtinctur braun oder grünlichbraun, stellenweise auch schmutziggrün, blaugrün und blau gefärbt.

155. Wenn Schnitte mit alter Jodtinctur getränkt und dann in concentrirte Schwefelsäure gebracht werden, so färben sie sich braungelb bis grün und blaugrün. Lässt man

das Präparat mit überschüssigem Jod längere Zeit stehen, oder erhitzt man dasselbe, so wird es überall goldgelb. Setzt man dagegen Wasser zu, so färben sich die Membranen grösstentheils, namentlich die am stärksten aufgequollenen Partieen derselben, schön-blau.

IX. Folgerungen aus den vorstehenden Thatsachen betreffend die Färbung der Zellmembranen durch Jod.

Die Schlüsse liegen zwar meistentheils schon in den mitgetheilten Beobachtungen selbst; doch dürfte es zweckmässig sein, sie ausdrücklich zu formuliren, theilweise auch weiter zu begründen, ferner auf die Ursache theils möglicher, theils wirklich gehegter Irrthümer hinzuweisen.

1. Die Menge des eingelagerten Jod bedingt im Allgemeinen nicht den Charakter sondern nur die Intensität der Farbe; man kann jeden Ton (Gelb, Orange, Roth, Violett, Blau) durch wenig Jod hell durch eine grössere Menge intensiv erhalten. In einzelnen Fällen beobachtet man den Uebergang von Hellgelb in Dunkelblau, wenn während der Einwirkung des Jod sich Jodwasserstoffsäure bildet; in andern geht bei Mehraufnahme von Jod die blaue Farbe in Braun über, wenn die Membranen aus einer Mischung von zwei verschiedenen Stoffen bestehen, die ungleich gegen Jod reagiren.

Die hier für die Membranen ausgesprochene Regel stimmt genau mit dem überein, was ich für die Stärkekörner (Art. III in der Mittheilung vom 13. Dec. 1862) nachgewiesen habe, ist aber in directem Gegensatze mit den Angaben Mohl's. Derselbe sprach als Resultat seiner ersten Untersuchungen aus (Flora 1840): „Das Jod ertheile der vegetabilischen Zellmembran je nach der Menge, in welcher es von derselben aufgenommen werde, sehr verschiedene Farben; eine geringe Menge von Jod erzeuge eine gelbe oder braune, eine grössere

[redacted]

Menge eine violette und eine noch bedeutendere Menge eine blaue Farbe.“ Er giebt an, das Albumen der Palmen färbe sich durch Wasser in welchem Jodstücke liegen, nicht blau, weil das Jod zu schwach einwirke; wohl aber trete die Reaction ein, wenn man zu Durchschnitten, die in Wasser liegen, einen Tropfen Jodlösung zusetze. Aus dem ungleichen Verhalten der festern und weichern Zellmembranen leitet er den Schluss ab, dass die erstern „weniger geneigt seien, sich mit Jod zu verbinden, und eine geringere Menge desselben aufnehmen, als die letztern, und dass hiernach die (gelbe oder blaue) Farbe sich richte.“

Den hauptsächlichen Beweis für die Annahme, dass die gelbe Farbe von der Aufnahme einer geringern Menge von Jod und die blaue Farbe von der Aufnahme einer grössern Menge desselben herrühre, findet Mohl in dem Umstande, dass man auch solche Zellen, welche sich in wässriger Jodlösung gelb färben, durch Jod schön blau färben könne, ohne sie chemisch zu verändern, wenn man nur das Jod kräftig genug auf sie einwirken lasse. Zellmembranen (dünne Abschnitte eines Pflanzengewebes, Baumwolle, Papier), welche man in einem verschlossenen Gefässe längere Zeit hindurch (etwa 14 Tage lang) bei gewöhnlicher Temperatur den Dämpfen von Jod aussetzt, sollen sich zuerst gelb, dann braun, endlich braunroth und beinahe schwarz, in einigen Fällen auch deutlich violett färben, und nach Benetzung mit Wasser eine mehr oder weniger blaue Farbe annehmen. „Dass nun diese blaue Färbung nicht einer chemischen Umwandlung zuzuschreiben sei, welche die Zellmembran in Folge der langen Einwirkung der Joddämpfe erlitten habe, sondern, dass sie einzig und allein der reichlichen Aufnahme von Jod zuzuschreiben sei, werde dadurch bewiesen, dass solche von Jod durchdrungene Zellmembranen, wenn man sie einige Tage lang der Luft aussetze, ihr Jod wieder verflüchtigen lassen, dadurch wieder weiss werden, und nun wieder wie

früher bei Benetzung mit wässriger Jodtinctur eine gelbe Farbe annehmen, ohne die mindeste blaue Farbe zu entwickeln."

Diese Angaben sind so entschieden und bestimmt und zugleich für die Theorie der Jodeinlagerung so wichtig, dass ich genöthigt bin, die Begründung der gegentheiligen Behauptung näher zu erörtern. Zuerst bemerke ich, dass an einer Menge von Pflanzenzellmembranen ein solcher Farbenwechsel nicht beobachtet wird. Bei der Einlagerung von Jod sieht man irgend einen Farbenton hell beginnen und allmählich intensiver werden.

Nun giebt es aber in der That Zellmembranen, welche sich anders verhalten. Sehr schöne Beispiele hiefür finden sich, wie von Mohl angegeben wurde, im Sameneiweiss der Primulaceen. Jod färbt die Membran zuerst gelb, dann grün und zuletzt blau. Eine oberflächlichere Betrachtung dieser Thatsache bietet allerdings zunächst die Annahme dar, dass der Farbenwechsel durch die Menge des eingelagerten Jod bedingt werde. Eine genauere Berücksichtigung aller Verhältnisse aber macht dieselbe unmöglich und legt eine andere Erklärung nahe.

Wenn die Menge des eingelagerten Jod den Uebergang der gelben Färbung durch Grün in Blau bedingen würde, so müsste bei allmählicher Entfernung des Jod die gleiche Farbenreihe in umgekehrter Ordnung durchlaufen werden. Diess ist nicht der Fall. Geschieht die Entfärbung in der nämlichen Flüssigkeit, so geht das Blau durch Hellblau (nicht durch Grün und Gelb) in den farblosen Zustand über (Nr. 73 b). Wenn man aber dem Präparat Wasser zuführt und dadurch die Entfärbung bewirkt, so findet ein Wechsel der Farben statt (Nr. 74), und diess erklärt sich, wie ich nachher zeigen werde, einfach aus dem Umstande, dass die die Membranen durchdringende Lösung nun geändert wird.

Wird ein Durchschnitt des Albumens von Primulaceen durch Jodstückchen, die im Wasser liegen, zuerst gelb, dann grün und blau gefärbt, so dauert dieser ganze Process einige Zeit (1/2—2 Stunden und mehr vgl. Nr. 73). Die Dauer stimmt mit denjenigen Versuchen überein (Nr. 15, 17, 49, 130, 147), wo Bläuung unter dem Einfluss der sich bildenden Jodwasserstoffsäure erfolgt. Dass auch in dem vorliegenden diese Bildung statt habe, dafür spricht die eintretende saure Reaction (Nr. 73). Die mit der Dauer des Versuches zunehmende Menge von Jodwasserstoffsäure hat nothwendig Einfluss auf den Farbenton. Daher verhält sich auch ein Präparat, welches durch metallisches Jod blaugefärbt und nach Wegnahme des letztern wieder entfärbt wurde, bei der zweiten Färbung durch abermaligen Zusatz von Jodstückchen anders, als das erste Mal. Die vorhandene Jodwasserstoffsäure bedingt eine viel raschere Reaction und eine etwas andere Farbenfolge (Nr. 76). Die Verschiedenheiten, welche bei diesem Versuche sich ergeben, zeigen deutlich, dass in dem Präparat eine Veränderung stattgefunden hat.

Aus diesen Thatsachen ergiebt sich folgende Erklärung für den Farbenwechsel bei der Jodreaction im Albumen der Primulaceen. Anfänglich, so lange Jod und Wasser oder Jod, Alcohol und Wasser mit sehr wenig Jodwasserstoffsäure zugegen ist, wird das Jod mit gelber Farbe eingelagert. Sobald sich eine hinreichende Menge Jodwasserstoffsäure gebildet hat, tritt blaue Färbung ein. Der Uebergang geschieht durch die Mischfarbe Grün, weil nicht alle Theilchen der Membran gleichmässig auf die Säure reagiren. Fügt man von Anfang an eine geringe Menge Jodwasserstoffsäure dem Wassertropfen bei, so findet die Bläuung sogleich statt (Nr. 77). Auch bedingt die Anwendung jener Säure einen etwas modificirten Farbenwechsel, indem statt des gelben und grünen Stadiums ein blasses und schmutziges Braun,

als rasch vergängliches Uebergangsglied, auftritt. Da das Präparat, welches durch Jod und Wasser sich blau gefärbt hat, nach vollständiger durch die Verdunstung bewirkter Entfärbung sich genau wie ein solches verhält, dem man von Anfang an etwas Jodwasserstoffsäure zusetzt, so ist an der gegebenen Erklärung um so weniger zu zweifeln.

Mohl führt ferner als Beweis für seine Annahme das Verhalten der trockenen Zellmembranen gegen Joddämpfe an. In einer Beziehung kann ich seine Beobachtung nicht bestätigen, indem bei meinen Versuchen lufttrockene Zellwände durch Joddämpfe nie eine violette Färbung annahmen. Violette und blaue Färbungen zeigten sich nur dann, wenn nachweisbar Feuchtigkeit zugegen war.

Auch kann ich der Annahme Mohl's nicht beipflichten, dass bei der Einwirkung der Joddämpfe auf trockene Zellmembranen eine chemische Umwandlung nicht stattfinde. Eine genauere Beachtung der Thatsachen scheint mir gerade die chemische Veränderung zwar nicht in der Substanz der Membranen, aber doch in den Präparaten nachzuweisen. Das Gewebe der Samenlappen von Hymenaea wird durch Wasser und Jod erst nach einiger Zeit blau (Nr. 15). Die durch Joddämpfe gelbgefärbten Membranen werden durch Wasser sogleich blau (Nr. 43); sie verhalten sich in dieser Beziehung gerade so, wie wenn Jod und Jodwasserstoffsäure gleichzeitig einwirken (Nr. 21). Da nun, wie ich später noch darlegen werde, beim Eintrocknen einer organischen Substanz mit Jod sich besonders leicht Jodwasserstoffsäure bildet, so ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass Joddämpfe einen ähnlichen Erfolg haben, und dass auf diese Weise die eben angeführten Erscheinungen ihre Erklärung finden. — Das Sameneiweis von Cyclamen verhält sich genau ebenso. Die durch Joddämpfe gelb gefärbten trockenen Schnitte werden bei der Benetzung sogleich blau (Nr. 83) und stimmen somit nicht mit der Wirkung von Jod allein

[redacted]

(Nr. 73 und 76), sondern von Jod in Verbindung mit Jodwasserstoffsäure überein (Nr. 77). — Baumwolle, welche Joddämpfen ausgesetzt war, färbt sich bei Zusatz von Wasser (Nr. 111) nicht so, wie es durch wässrige oder weingeistige Jodlösung (Nr. 84, 85), sondern wie es durch Jod in Jodwasserstoffsäure (Nr. 87) der Fall ist.

So stellt sich also auch bei der Einwirkung der Joddämpfe der Uebergang von Gelb in Blau nicht als eine Folge der steigenden Jodmenge, sondern der sich bildenden Jodwasserstoffsäure dar. Dass im trockenen Zustande nur gelbe und braungelbe Töne sichtbar sind, ist begreiflich, da ja auch die feuchten blauen Membranen beim Eintrocknen braun und gelb werden, wenn Jodwasserstoffsäure vorhanden ist (Nr. 22, 71, 78). — Dass der Uebergang von Gelb in Blau nicht durch eine grössere Quantität des eingelagerten Jod bedingt wird, sieht man deutlich auch aus dem Umstande, dass trockene hellgelbe Membranen beim Benetzen hellblau werden. Im Sameneiweiss der Primulaceen war nach der Theorie *Mohl's* eine hellblaue Färbung überhaupt nicht möglich, da eine geringe Jodmenge Gelb, eine grössere Grün bedingt. In der That mangelt bei der Einwirkung von Jod und Wasser die hellblaue Farbe (Nr. 69, 73), weil sich die Jodwasserstoffsäure sehr langsam bildet. Dass durch Joddämpfe und nachherige Benetzung auch das hellste Blau hervorgebracht wird, beweist gerade, dass hier die Bedingungen etwas anders sind; es wird nämlich rasch eine grössere Menge von Jodwasserstoffsäure erzeugt.

Gegen die Theorie Mohl's spricht endlich namentlich der von demselben, wie es scheint, übersehene Umstand, dass viel häufiger der umgekehrte Farbenwechsel eintritt. Wenn man einer violett oder blau gefärbten Membran mehr Jod zuführt, welches sogleich aufgenommen wird, ohne dass dabei eine chemische Veränderung in der durchdringenden Flüssigkeit statt hat, so wird sie sehr häufig nicht etwa

dunkelblau oder dunkel-violett, sondern dunkel-braun. Zuweilen auch bleibt der Ton fast der nämliche, aber er wird matt und schmutzig. Ich habe diess so oft beobachtet, dass es mir eine gewöhnliche Erscheinung zu sein scheint, und desswegen erwähnte ich es nur selten (Nr. 1, 3, 4, 6). Es ist aber oft schwer, nach einer vermehrten Einlagerung von Jod den Farbenton zu erkennen, weil die Membran undurchsichtig und schwarz wird. Man muss, um diese Schwierigkeit zu überwinden, möglichst dünne Durchschnitte sich zu verschaffen suchen.

Diese Thatsache erklärt sich, wie ich glaube, folgendermassen auf genügende Weise. Die Membranen bestehen, wie sich für mehrere Fälle thatsächlich nachweisen lässt, (analog wie die Stärkekörner) aus zwei verschiedenen Verbindungen, welche zu Jod ungleiche Verwandtschaft haben, und durch dasselbe ungleich gefärbt werden. Die erste Menge Jod geht an diejenigen Substanztheilchen, welche die grösste Anziehung ausüben, und färbt sie blau oder violett. Die folgende Jodmenge verbindet sich auch mit denjenigen Theilchen, welche eine geringere Verwandtschaft haben, und welche dasselbe mit braungelber oder braunrother Farbe aufnehmen. Ich verweise auf das, was ich früher über die Verwandtschaft von Jod zu verschiedenen Substanzen bemerkt habe (Mittheilung vom 13. Dez. 1862, Art. I).

2. Zellmembranen, welche von Wasser durchdrungen sind und irgend eine Farbe durch Jod erlangt haben, behalten diese Farbe, wenn ihnen das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur entzogen wird und wenn sonst keine chemische oder physikalische Veränderung erfolgt. Ist dagegen in dem durchdringenden Wasser eine Substanz gelöst, welche beim Verdunsten concentrirter wird, so kann dieselbe auf die Anordnung der Jodtheilchen einwirken,

[redacted]

und eine grössere oder geringere Farbenänderung bedingen.

Auch in dieser Beziehung stimmen die Zellmembranen mit den Stärkekörnern überein (vgl. Art. II in der Mittheilung vom 13. Dez. 1862). Es giebt indess nicht viele Beispiele, wo dieselben, bloss mit Wasser durchdrungen, durch Jod eine Farbe erhalten. Wenn diess aber der Fall ist, so bleibt sie nach dem Eintrocknen ziemlich unverändert, besonders dann, wenn überschüssiges Jod vorhanden ist. Mangelt dieses, so kann das eingelagerte Jod anfangen aus den Membranen zu entweichen, und in Folge dieses Processes die Anordnung seiner Theilchen und somit auch die Farbe verändern. — Zellmembranen, in denen nur geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure, Jodkalium oder Jodammonium enthalten sind, zeigen oft ein gleiches Verhalten.

Als Beispiele für die Erhaltung der nämlichen Farbe beim Austrocknen nenne ich die blaugefärbten Flechtenschläuche (Nr. 8), die blauen Membranen der Samenlappen von Hymenaea und Mucuna (Nr. 19, 46), die violetten Membranen des Blattparenchyms von Agave, welche mit Schwefelsäure behandelt, dann ausgewaschen und nachher durch Jod in sehr verdünnter Jodwasserstoffsäure oder Jodkaliumlösung gefärbt wurden (Nr. 132), endlich die Membranen verschiedener Zellen, welche durch wasserhaltige frische Jodtinctur eine gelbe oder braune Farbe erlangen.

Häufiger tritt beim Eintrocknen der Jod enthaltenden Zellmembranen ein Farbenwechsel ein. Derselbe lässt sich jedoch (soweit er nicht mit der vorhin erwähnten beginnenden Entfärbung zusammenhängt) immer dadurch erklären, dass die Substanz von einer löslichen Verbindung durchdrungen ist, welche beim Verdunsten des Wassers concentrirter wird und unmittelbar vor vollständigem Eintrocknen eine andere Anlagerung der Jodtheilchen bedingt. Diese Verbindung ist häufig Jodwasserstoffsäure. Die durch Wasser und Jod-

stückchen blaugefärbten Schnitte der Samenlappen von Hymenaea und Mucuna verfärben sich beim Eintrocknen stellenweise, namentlich an den Rändern, wo sich die Jodwasserstoffsäure anhäuft (Nr. 19, 46); die blauen Membranen des Sameneiweisses von Cyclamen werden braun (Nr. 73). In diesen Beispielen ist der Farbenwechsel ganz der nämliche, wie wenn man Jod in verdünnter Jodwasserstoffsäure gelöst anwendet (Nr. 22, 54, 71, 78).

Die Anwesenheit von Jodkalium bedingt meist eine ähnliche Aenderung der Farbe wie Jodwasserstoffsäure. Die blauen Membranen der Samenlappen von Hymenaea werden braun und gelb (Nr. 26), ebenso diejenigen von Mucuna (Nr. 54). In andern Fällen jedoch kann die Farbe sich ziemlich unverändert erhalten; so bleibt das Blattparenchym von Agave, das nach Behandlung mit Schwefelsäure durch Jodkaliumjod blauviolett gefärbt wurde, beim Eintrocknen mit überschüssigem Jod violett (Nr. 132).

In diesem Sinne ist die Angabe Mohl's zu berichtigen, dass die blaue Farbe beim Austrocknen der Membran in die violette oder rothbraune sich verwandle, bei einer Benetzung jedoch zurückkehre, welche Farbenänderung nach seiner Ansicht durch die An- und Abwesenheit des Wassers veranlasst wird (Flora 1840).

3. Die durch Jod gefärbten Membranen, welche, sei es im befeuchteten, sei es im trockenen Zustande, sich entfärben, verändern häufig ihre Farbe mehr oder weniger. Diese Umwandlung geschieht immer in der Richtung von Blau durch Roth zu Gelb.

Die Zellmembranen verhalten sich hierin im Wesentlichen gleich wie die Stärkekörner (Art. V in der Mittheilung vom 14. Febr. 1863). Im Allgemeinen gilt die Regel, dass Entfärben im befeuchteten Zustande keine oder nur geringe, im trockenen Zustande dagegen bedeutendere Farbenänderungen bewirkt. Ferner liegt es in der Natur der Sache, dass

unter übrigens gleichen Verhältnissen die blauen Membranen am meisten ihre Farbe ändern; die gelben können sich gar nicht verfärben.

Bei der Entfärbung in Wasser findet in der Regel keine merkliche Farbenänderung statt, wie z. B. die Versuche mit den Flechtenschläuchen (Nr. 8), mit dem Parenchym der Samenlappen von Hymenaea (Nr. 25) und des Sameneiweisses von Cyclamen (Nr. 73 b) darthun. Die Entfärbung in Schwefelsäure zeigt die gleichen Erscheinungen (vgl. die Baumwolle Nr. 106, die Hanffaser Nr. 121 und das Blattparenchym von Agave Nr. 129).

Trockene Präparate zeigen bei der Entweichung des Jod, besonders, wenn dieselbe durch eine gesteigerte Temperatur befördert wird, oft einen sehr bedeutenden Farbenwechsel. Ich verweise auf die Versuche an Flechtenschläuchen (Nr. 10) und an dem Gewebe der Samenlappen von Mucuna (Nr. 47).

Es versteht sich, dass während der Entfärbung weder ein Austrocknen des feuchten, noch ein Benetzen des trockenen Präparates stattfinden darf, sonst kann der normale Farbenwechsel sehr beträchtlich gestört werden.

4. Durch Joddämpfe werden alle lufttrockenen Zellmembranen gelb bis schwarzbraun gefärbt. Von den mit Wasser imbibirten Membranen nehmen, wenn kein anderer, die Jodeinlagerung fördernder Stoff anwesend ist, manche gar kein Jod auf, viele lagern es mit gelber oder brauner, einige mit rother oder violetter, und wenige mit blauer Farbe ein. Diese Farben sind alle den Kohlenhydraten der Zellmembranen eigenthümlich und werden nicht etwa die einen derselben durch fremde Einlagerungen (Proteinverbindungen) bewirkt.

Bemerkenswerth ist, dass, wie es scheint, alle lufttrockenen Membranen, sie mögen sich im befeuchteten Zustande

wie immer zu Jod verhalten, das letztere ziemlich in gleicher Menge aufnehmen und dasselbe auch mit gleicher Farbe einlagern. Werden sie in gesättigte wässrige Jodlösung gebracht, so gehen sie sehr bald in denjenigen Zustand über, der diesen neuen Verwandtschaften entspricht, und zeigen dann das nämliche Verhalten, als ob sie sogleich mit wässriger Jodlösung behandelt worden wären (vgl. die Versuche mit dem Gewebe der Cotyledonen von Hymenaea Nr. 44 und mit Baumwolle Nr. 112.)

Was die Reaction der Zellmembranen auf Jod und Wasser betrifft, will ich nur zwei Bemerkungen, die eine über die blaue, die andere über die braungelbe Färbung beifügen. Nach den neuen Untersuchungen, die eben mitgetheilt wurden, kenne ich jetzt einzig die Fruchtschicht der Flechten als Beispiel für den Fall, dass eine Zellmembran durch wässrige Jodlösung unmittelbar blau wird. Die übrigen Gewebe, welche nach der Angabe von verschiedenen Mikroskopikern durch Jod allein sollten gebläut werden, zeigen diese Farbe nur unter der Mitwirkung von Jodwasserstoffsäure.

Man begegnet hin und wieder der Angabe, dass eine Zellmembran durch Jod gelb oder braun gefärbt werde, und dass sie demnach eingelagerte Proteinstoffe enthalte. Es tritt nun allerdings in manchen Fällen die Gelbfärbung durch Jod und der auf anderm Wege nachzuweisende Proteingehalt zusammen. Allein es wäre ein grosser Irrthum, wenn man aus der gelben oder braunen Farbe an und für sich auf die Anwesenheit eiweissartiger Verbindungen und aus der Intensität der Farbe auf die Menge schliessen wollte.

Ich habe gezeigt, dass es sehr verschiedene Mittel giebt, um den Stärkekörnern (die keine Proteinverbindungen enthalten) eine gelbe Farbe zu verleihen. Die Anwesenheit mancher Stoffe genügt, damit Jod und Wasser nicht blaue, sondern braune oder gelbe Jodstärke hervorbringen. Gerade so verhält es sich mit den Zellmembranen. Es giebt über-

dem viele, in denen auf anderem Wege (concentrirte Salzsäure, Ammoniak nach vorausgehender Behandlung mit Salpetersäure) keine eiweissartigen Verbindungen nachgewiesen werden können, und die sich dennoch durch Jod sehr schön und intensiv gelb oder braungelb färben. Es giebt endlich andere, in denen Jod eine viel intensivere braune Färbung hervorruft, als es durch die geringe Menge der eingelagerten Proteinverbindungen möglich wäre. Ich beschränke mich darauf, ein Beispiel für das Letztere anzuführen.

Wenn man Längsschnitte durch Begoniastengel mit Jodkaliumjodlösung behandelt, so färben sich zuerst die Stärkekörner, nachher fast gleichzeitig die Wandungen der Gefässe und Bastzellen und der Inhalt der Parenchym- und Cambiumzellen. Doch eilen jene etwas voraus und zeichnen sich auch jederzeit durch intensivere Färbung aus. Die Wandungen der Gefässe und Bastzellen sind nämlich schon intensiv gelb, wenn der Inhalt der Parenchym- und Cambiumzellen erst schwach gelblich ist; endlich sind jene braun, diese gelb geworden. Würden diese Farben der Zellenwandungen durch den Proteingehalt bedingt, so müssten sie daran beträchtich reicher sein als der Zelleninhalt. Allein alle übrigen Reagentien z. B. das Millon'sche Reagens, Zucker und Schwefelsäure, concentrirte Salzsäure rufen in dem Zelleninhalte eine viel stärkere Färbung hervor als in den genannten Zellmembranen.

5. W e n n e i n e Z e l l m e m b r a n d u r c h J o d u n d W a s s e r u n m i t t e l b a r n i c h t g e b l ä u t w i r d, s o l ä s s t s i c h d i e s e s R e s u l t a t o f t d u r c h g l e i c h z e i t i g e E i n w i r k u n g v o n J o d w a s s e r s t o f f s ä u r e (die sich auch bei längerer Einwirkung von Jod auf verschiedene organische Verbindungen sowie beim Eintrocknen mit Jod bildet) o d e r v o n J o d k a l i u m, J o d a m m o n i u m, J o d z i n k, P h o s p h o r s ä u r e o d e r S c h w e f e l s ä u r e, i n a n d e r n F ä l l e n a u c h d u r c h d i e E i n w i r k u n g v o n S c h w e f e l s ä u r e, n a c h d e m e i n e m e h r o d e r w e n i g e r e n e r-

gische Behandlung mit Aetzkali oder mit Salpetersäure vorausgegangen ist, erzielen.

Die hierher gehörigen Thatsachen sind den Mikroskopikern zu bekannt, als dass ich nöthig hätte, Weiteres darüber mitzutheilen. Ich muss jedoch eine Bemerkung mit Rücksicht auf eine Differenz zwischen Mohl und mir beifügen.

Mohl hatte behauptet, dass viele Zellmembranen durch Jod und Wasser allein gebläut würden. Als Beweis hiefür diente ihm namentlich die Beobachtung, dass dieselben, wenn sie mit Jod eintrocknen, bei nachheriger Benetzung mit Wasser eine blaue Farbe annehmen (Flora 1840; Bot. Zeit. 1847; Veget. Zelle p. 30). Ich bemerkte hierüber dass, da bei diesem Prozesse die Zellmembran aufgelockert werde, sich vielleicht etwas Jodsäure oder Jodwasserstoffsäure oder auch beide bilden könnten (Stärkekörner p. 189). Dies wurde lediglich als eine Möglichkeit ausgesprochen, da mir damals weiter keine Thatsachen zu Gebote standen; und ich denke, der Chemiker wird die Vermuthung nicht so ungereimt finden.

Indessen wurde meine Annahme von Mohl (Bot. Zeit. 1859 p. 234) frischweg als eine „vollkommen willkührliche und haltlose Hypothese“ erklärt, indem er beifügte: „Es hätte doch zum Mindesten durch einen Versuch nachgewiesen werden müssen, dass diesen Säuren die Eigenschaft nach Art von Schwefelsäure auf die Cellulose zu wirken und bei Anwesenheit von Jod eine blaue Farbe in derselben hervorzurufen, überhaupt zukomme. Ich habe den Versuch gemacht, gereinigte Cellulose mit Jodtinctur zu tränken und die genannten Säuren zuzusetzen; dieselben brachten weder eine sichtbare Einwirkung auf die Cellulose, noch eine Spur von Blaufärbung hervor.“

Es war gewiss sehr verdienstlich von Mohl, diese Versuche direkt auszuführen; aber was diejenigen mit Jodwasser-

[redacted]

stoffsäure betrifft, so muss ich behaupten, dass wenn sie mit der nothwendigen Genauigkeit und Umsicht angestellt werden, sie gerade das entgegengesetzte Resultat von dem geben, das Mohl erhalten haben will. Dabei ist zu berücksichtigen, dass wenn beim Eintrocknen sich Jodwasserstoffsäure bildet, dieselbe natürlich in concentrirtem Zustande auf die Zellmembranen einwirkt, und ferner, dass die Bläuung erst bei nachheriger Benetzung mit Wasser eintritt. Es muss also, wenn der Versuch entsprechend ausgeführt wird, zuerst die Zellmembran mit concentrirter Säure behandelt und dann Wasser zugesetzt werden (weil die Anwesenheit von concentrirter Jodwasserstoffsäure bei den Zellmembranen wie bei den Stärkekörnern die Blaufärbung durch Jod hindert). Bei diesem Verfahren habe ich in der Regel die Zellmembranen, welche nach dem Eintrocknen mit Jodtinctur gebläut werden, ebenfalls blau werden sehen (vgl. z. B. die Versuche mit Baumwolle Nr. 87, mit dem Blattparenchym von Agave Nr. 126 und dem Rindenparenchym von Sambucus Nr. 136). In einzelnen Fällen gelang es sogar, den Membranen durch Behandlung mit concentrirter Jodwasserstoffsäure eine schöner blaue Farbe zu geben, als durch Eintrocknen mit Jodtinctur. In andern Fällen jedoch schien letzteres Mittel energischer zu wirken, als das erstere; indessen bin ich hierüber nicht ganz sicher. Bestätigt sich indess diese Thatsache, so hat sie nichts Befremdendes; denn es ist wohl möglich, dass beim Eintrocknen einer durchdringbaren Substanz in den Molecularinterstitien derselben die Säure noch concentrirter wird und daher energischer wirkt, als beim Verdunsten eines unbedeckten Tropfens.

Meine Vermuthung, dass beim Eintrocknen der Zellmembranen mit Jodtinctur eine Säure wirksam sei, wird aber ferner bestätigt durch die Thatsache, dass bei Anwendung von frischer, säurefreier Tinctur eine Bläuung vieler Membranen nicht eintritt, indess dieselben bei sonst gleicher Be-

handlung blau werden, wenn man zugleich frische Jodtinctur und Jodwasserstoffsäure anwendet, oder wenn man sich alter Jodtinctur bedient, welche nachweisbar Jodwasserstoffsäure enthält (vgl. die Versuche Nr. 85 und 86, 115 und 117, 133 und 135).

Wenn Jod auf verschiedene organische Verbindungen einwirkt, so bilden sich geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure. Es giebt manche Zellmembranen, welche, wenn sie mit Jod und Wasser in Berührung sind, nach einiger Zeit sich blau färben. Die Blaufärbung erfolgt, sobald im Verhältniss zum vorhandenen Wasser eine hinreichende Menge von Jodwasserstoffsäure sich gebildet hat. Man kann daher die Zeit zum voraus durch die Grösse des Wassertropfens, durch die Menge der vegetabilischen Substanz und durch die Intensität der Beleuchtung bestimmen; man kann nach Belieben das Präparat so anfertigen, dass die Bläuung der Membranen innerhalb einer Stunde, oder erst nach 3 und 4 Stunden eintritt. — Die Bildung der Jodwasserstoffsäure auf Kosten der organischen Verbindungen wird beim Eintrocknen merklich gesteigert, und es kann daher die Blaufärbung in viel kürzerer Zeit bewirkt werden, wenn man das Präparat einmal oder wiederholt mit Jod eintrocknen lässt.

Zum Beweise für das eben Gesagte verweise ich auf die Beobachtungen an den Membranen der Samen von Hymenaea (Nr. 15, 17, 37), Mucuna (Nr. 49) und von Primulaceen (Nr. 69, 70, 73), sowie auf die Beobachtungen an den mit Schwefelsäure behandelten Zellmembranen der Blätter von Agave (Nr. 130) und der Fäden von Chaetomorpha (Nr. 147).

Die Frage, ob beim Eintrocknen der Membranen mit Jod sich auch Jodsäure bilde, wird gleichgültig durch die Thatsache, dass diese Säure keine blaue Färbung hervorzurufen vermag, dass sie im Gegentheil dieselbe verhindern kann, wenn sie in hinreichender Menge vorhanden ist.

[redacted]

6. Die Behandlung mit Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink, mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Aetzkali und Salpetersäure entfernt ohne Zweifel eine geringere oder grössere Menge von fremden in den Membranen enthaltenen Stoffen, die in jenen Verbindungen löslich sind. Diese *Reinigung* der Zellmembranen mag in manchen Fällen ein Hinderniss für die Bläuung aus dem Wege räumen, allein sie ist in keinem Falle die alleinige Bedingung für dieselbe.

Payen hat gezeigt, dass alle Zellmembranen, nachdem sie gehörig gereinigt worden, die gleiche chemische Zusammensetzung haben und aus Cellulose bestehen. H. v. Mohl gieng einen Schritt weiter und sagte, alle Membranen, wenn sie die Einwirkung der Reinigungsmittel erfahren haben, färben sich durch Jod und Wasser blau, und es sei eine Eigenschaft der reinen Cellulose, dass sie, von Wasser durchdrungen, mit Jod eine blaue Farbe annehme (Bot. Zeit. 1847, Veg. Zelle p. 30).

Gegenüber dieser letztern Theorie habe ich bereits darauf hingewiesen, dass die Mittel, welche Bläuung der Zellmembranen durch Jod veranlassen, in vielen Fällen nicht wohl eine Reinigung bewirken können, und dass es ein Beispiel von ganz reiner Cellulose giebt, welche durch Jod und Wasser nicht blau gefärbt wird (Stärkekörner pag. 190). In Folge der neuen Untersuchungen sehe ich mich veranlasst, noch entschiedener die Behauptung Mohl's zurückzuweisen, und auszusprechen, dass (mit Ausschluss der Flechtenschläuche) die auf irgend eine Weise gereinigte Zellmembran durch Jod und Wasser nicht gebläut, sondern dass diese Reaction immer durch die Anwesenheit eines bestimmten andern Stoffes bedingt wird.

Ob und welche Stoffe durch die Mittel, welche eine Bläuung der Zellmembranen durch Jod ermöglichen, aufge-

löst und fortgeführt werden, ist unbekannt. Aber die Versuche zeigen, dass diese Reinigung. wenn sie überhaupt statt hat, nicht als die unmittelbare Ursache der Bläuung zu betrachten ist. Diess geht, worauf ich bereits vor Jahren hingewiesen habe, auch schon aus einer Beobachtung Liebig's vom Jahre 1842 hervor (Ann. Chem. Pharm. Jun. 1842, p. 305). Derselbe fand, dass Baumwolle, Papier und andere aus Cellulose bestehende Substanzen, welche mit Schwefelsäure behandelt wurden, nach gehörigem Auswaschen durch Jodtinctur sich nicht blaufärben liessen. Ich habe gleichfalls beobachtet, dass durch Jod und Schwefelsäure blaugefärbte Zellmembranen, wenn sie vollständig ausgewaschen wurden, durch wässrige oder weingeistige Jodlösung keine, und nach unvollständigem Auswaschen eine andere Farbe als Blau annehmen (Versuche mit Baumwolle Nr. 107, Hanf Nr. 122, Blattparenchym von Agave Nr. 130, Chaetomorpha Nr. 147).

Wie Schwefelsäure verhalten sich alle andern Mittel, die in Verbindung mit Jod Bläuung der Zellmembran veranlassen. Werden sie weggenommen, so bleibt die blaue Reaction aus; so bei Phosphorsäure (Versuche mit dem Rindenparenchym von Sambucus Nr. 138 und 139 und mit Baumwolle Nr. 99 b), Jodwasserstoffsäure (Versuche mit dem Zellgewebe der Cotyledonen von Hymenaea Nr. 22 und mit Baumwolle Nr. 88), Jodkalium (Versuche mit den Cotyledonen von Hymenaea Nr. 27), Jodzink (Versuche mit Baumwolle Nr. 92 b, mit dem Blattparenchym von Agave Nr. 127 b, und mit dem Rindenparenchym von Sambucus 137 b), Chlorzink (Versuche mit Baumwolle Nr. 96).

Wenn Schwefelsäure, Phosphorsäure, Jodwasserstoffsäure, Jodkalium etc. als Reinigungsmittel wirkten, und als solche die Bläuung der Zellmembranen ermöglichten, so müsste diese Bläuung um so eher eintreten, nachdem noch ein vollkommenes Auswaschen mit Wasser, somit eine weitere Reinigung

[redacted]

stattgefunden hat. Da nach dieser Behandlung eine hinreichende Menge von Jod (in wässriger oder weingeistiger Lösung) nicht mehr die blaue Reaction hervorzubringen vermag, so kann die Reinigung nicht als die unmittelbare Ursache betrachtet werden.

7. Die Behandlung mit Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink, mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, Aetzkali und Salpetersäure verursacht immer ein geringeres oder beträchtlicheres Aufquellen der Zellmembranen. Allein diese Auflockerung ist in keinem Falle die Ursache der Bläuung.

Da die Mittel, welche eine durch Jod und Wasser allein sich nicht blaufärbende Membran zu dieser Reaction befähigen, dieselbe mehr oder weniger aufquellen machen, so könnte man leicht auf den Gedanken kommen, diese Auflockerung sei die Ursache der Blaufärbung. Auch Mohl hält dieselbe in seiner ersten Untersuchung für eine wesentliche Bedingung, indem er sagt, dass weichere, in Wasser stärker anschwellende Membranen sich blau färben, auch wenn nur eine geringe Menge von Jod auf sie einwirke, während die härtern und in Wasser weniger aufquellenden Membranen sich bloss gelb oder braun färben (Flora 1840). Später modifizirte er diese Annahme dahin, dass zu Aufnahme von Jod wohl ein gewisser Grad der Quellung erforderlich sei, dass aber im Quellungsvermögen selbst nicht der Grund der Blaufärbung gefunden werden könne (Bot. Zeit. 1859, p. 233).

Dass das Aufquellen der Membranen nicht die Ursache ihrer Bläuung ist, ergiebt sich aus drei Thatsachen. Die eine ist die, dass wenn man dieselben durch ein anderes Mittel als ein spezifisch bläuendes aufquellen macht, die genannte Reaction nicht erfolgt. Dies zeigt sich an Baumwolle, welche mit Salzsäure oder Salpetersäure gekocht

(Nr. 100, 101) oder mit Kupferoxydammoniak behandelt wird (Nr. 102), sowie an dem Gewebe der Samenlappen von Hymenaea, auf welche Salzsäure oder Phosphorsäure einwirkt (Nr. 35, 31).

Die andere Thatsache ist die, dass die durch irgend ein Mittel blau gefärbten Membranen, wenn sie mit Wasser ausgewaschen werden, mit Jod keine blaue Färbung mehr annehmen, obgleich ihre Substanz nach dem Auswaschen eben so sehr gequollen bleibt, als sie es vorher war. (Versuche mit Baumwolle Nr. 88, 92 b, 96, 99 b, 107; Hanf Nr. 122; Blattparenchym von Agave Nr. 127 b, 130; Rindenparenchym von Sambucus Nr. 137 b, 139; Fäden von Chaetomorpha Nr. 147; Cotyledonen von Hymenaea Nr. 23, 27.)

Die dritte Thatsache endlich findet sich in der bekannten Erscheinung, dass es namentlich bei den niedern Cryptogamen viele schon im natürlichen Zustande sehr weiche und viel Wasser enthaltende Membranen giebt, die durch Jod nicht gebläut, überhaupt nicht gefärbt werden, während bei niedern und höhern Pflanzen Membranen von gleichem oder auch viel geringerem Wassergehalt Jod aufnehmen und sich blau färben.

Es wäre nun aber möglich, dass die Aufquellung der Membranen, wenn auch nicht als die Ursache der Blaufärbung, doch als die nothwendige Bedingung dazu sich darstellte. Die Beobachtung macht es nicht leicht, diese Frage zu entscheiden, da die Mittel, welche die Bläuung der Membran veranlassen, immer auch dieselben mehr oder weniger aufquellen machen. Dieses Aufquellen ist aber in einzelnen Fällen äusserst gering und in andern Fällen, so viel es scheint, überflüssig. Zur Blaufärbung wird nämlich immer erfordert, dass die Membran mit einer gewissen Menge von Imbibitionswasser durchdrungen sei; die Anwesenheit einer grössern Menge von Flüssigkeit ist wirkungslos. Nun nehmen sehr viele Zellmembranen schon eine grössere Menge von

[redacted]

reinem Wasser auf als zur Bläuung durch Jod nothwendig ist. Wenn daher irgend ein Mittel zugleich blau färbt und noch mehr aufquellen macht, so darf das Aufquellen als accidentell betrachtet werden.

8. **Zur Bläuung der Zellmembranen (mit Ausschluss der Flechtenschläuche) ist jedenfalls neben Jod und Wasser die gleichzeitige Anwesenheit einer der folgenden *assistirenden* Verbindungen erforderlich: Jodwasserstoffsäure, Jodkalium, Jodammonium, Jodzink (oder ein anderes Jodmetall), Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlorzink (?). Vielleicht wirken aber Schwefelsäure und Phosphorsäure nicht unmittelbar, sondern dadurch, dass *sie* die Bildung von Jodwasserstoffsäure durch Zersetzung von Alcohol oder von organischen Verbindungen der Zelle begünstigen, so dass also die blaue Farbe fast ausschliesslich durch das Vorhandensein der bestimmten Menge einer Jodverbindung bedingt würde.**

Die Mittel, welche eine Bläuung der Zellmembranen durch Jod bewirken, können dieselben physikalisch und chemisch verändern, indem sie sie aufquellen machen und möglicher Weise ihnen verschiedene eingelagerte Verbindungen entziehen. Ich habe gezeigt, dass weder durch die eine noch durch die andere dieser Veränderungen die Membranen unmittelbar die Fähigkeit erhalten, das Jod mit blauer Farbe aufzunehmen. Ich füge hier noch bei, dass auch beide vereint dies nicht zu bewirken vermögen, wie alle diejenigen Beispiele, wo die blaugefärbte Membran ausgewaschen wird, beweisen.

Zur Bläuung der Zellmembran ist nothwendig, dass dieselbe nicht nur die richtige chemische und physikalische Beschaffenheit besitze, sondern dass ausser dem färbenden Jod auch eine der assistirenden Verbindungen anwesend sei. Die letztern bewirken eine gewisse Beschaffenheit der Molecular-

constitution, sei es rücksichtlich der Anordnung der kleinsten Theilchen, sei es rücksichtlich der Vertheilung ihrer wirkenden Kräfte, wodurch die Einordnung der Jodtheilchen mit blauer Farbe bedingt wird.

Auf die Blaufärbung üben die Jodverbindungen als assistirende Medien eine specifische Wirkung aus. Wie sich die Bromverbindungen verhalten, ist unbekannt. Die Chlorverbindungen aber können in Gemeinschaft mit Jod die Membranen in der Regel nicht blau färben. Diess ist z. B. sehr deutlich an Salzsäure, die sich ganz anders verhält als Jodwasserstoffsäure. Auch von Chlorzink, welches gewöhnlich als bläuende Verbindung aufgeführt wird, bleibt es zweifelhaft, ob es diese Eigenschaft wirklich besitze. Um die sogenannte Chlorzinkjodlösung zu erhalten, versetzt man Chlorzinklösung mit Jodkalium und giebt schliesslich Jod hinein. Man hat dann eine Mischung von Chlorzink-, Chlorkalium-, Jodkalium- und Jodzinklösung mit überschüssigem Jod. Auf die Bläuung der Zellmembranen wirken bei Anwendung dieses Mittels nicht die beiden Chlor-, sondern die beiden Jodverbindungen, und man würde dasselbe richtiger mit dem Namen Jodzink-Jodkalium-Jod bezeichnen. Wenn ich bei den Versuchen über Jodreaction von Chlorzink gesprochen habe, so habe ich darunter immer die reine Verbindung ohne Beimengung von Jodkalium verstanden.

Wendet man wässrige Chlorzinklösung und metallisches Jod oder eine Lösung von Jod in Chlorzink an, so tritt die Blaufärbung der Baumwollfäden erst nach längerer Zeit und sehr ungleich ein (vergl. Nr. 93). Es gab Präparate, welche nach einigen Stunden theilweise intensiv blau, andere, die nach zwei Tagen nur an einigen Stellen blassblau waren. Der Grund davon liegt nicht etwa darin, dass das Jod sich nicht schneller in der Chlorzinklösung verbreiten kann; denn der eiweissartige Zelleninhalt lagert dasselbe bald mit gelber Farbe ein. Eine ähnliche langsame und

rücksichtlich der Zeit, sowie der Intensität ungleiche Färbung beobachtet man sonst immer dann, wenn die bläuende Verbindung (Jodwasserstoffsäure vergl. z. B. Nr. 15) sich erst bilden muss. Es wäre daher möglich, dass bei Anwendung von Chlorzink nicht diese Verbindung selbst die Einlagerung des Jod mit blauer Farbe bedingte, sondern dass sich Jodwasserstoffsäure und vielleicht auch Jodzink bildete. Die Auflockerung, und die damit verbundene Aenderung in der Molecularbeschaffenheit, welche das Chlorzink an den Membranen bewirkt, möchte indess immerhin dazu dienen, dass die Jodverbindungen leichter, d. h. schon bei geringerer Menge ihre Wirksamkeit äusserten.

Noch wahrscheinlicher ist es, dass Schwefelsäure und Phosphorsäure nicht selber es sind, welche die Blaufärbung durch Jod veranlassen, sondern dass unter ihrer Mitwirkung sich erst Jodwasserstoffsäure bildet, entweder durch Zersetzung von Alkohol, wenn Jodtinctur angewendet wird, oder durch Zersetzung irgend einer organischen Verbindung. Auch hier spricht die Ungleichheit der Erscheinungen dafür. Wenn Jod bei Anwesenheit von Schwefelsäure die Baumwolle blau färbte, so wäre es unbegreiflich, warum die Bläuung bei Anwendung von frischer Jodtinctur sogleich eintritt, bei Anwendung von metallischem Jod aber Tage lang auf sich warten lässt. Die Verschiedenheit erklärt sich aber leicht, wenn die Bildung von Jodwasserstoffsäure der Jodreaction vorausgehen muss.

Es sind dies weiter nichts als Vermuthungen. Für die Theorie der Wirkungsweise des Jod wäre es wohl der Mühe werth, wenn ein Chemiker durch Versuche die Frage zur Entscheidung brächte, welche chemische Verbindungen anwesend sein müssen, um die Einlagerung des Jod mit blauer Farbe in die Zellmembranen zu veranlassen.

Eine andere Frage, die sich darbietet, ist die, ob die assistirenden Mittel schon durch ihre Anwesenheit das Jod

mit blauer Farbe den Membranen einzulagern vermögen, oder ob ausserdem in den letztern eine chemische oder physikalische Veränderung bewirkt werde, welche nothwendige Bedingung der Blaufärbung ist. Wie es scheint verhalten sich in dieser Beziehung die verschiedenen Zellen ungleich. Für die Membranen, welche sich sehr leicht blau färben, kann nicht bestimmt werden, ob dazu eine chemische oder physikalische Veränderung erforderlich ist. Für die anderen dagegen lässt sich dies nachweisen.

Wenn nämlich die blaugefärbten Membranen vollständig ausgewaschen werden, so verhalten sie sich gegenüber den assistirenden Medien in Verbindung mit Jod anders als unveränderte Membranen. Sie färben sich nicht nur rascher, sondern nehmen auch ziemlich unmittelbar wieder die blaue Farbe an, während die unveränderten Membranen z. B. zuerst gelb und braun werden. Ich verweise auf die Versuche mit Baumwolle (Nr. 92), mit Blattparenchym von Agave (Nr. 127) und mit Rindenparenchym von Sambucus (Nr. 137); dieselben müssen natürlich so angestellt werden, dass man die ausgewaschenen Membranen mit unveränderten auf dem Objectträger in den nämlichen Tropfen Flüssigkeit legt und die beiden Reactionen mit einander vergleicht.

Ich habe in dem Vorstehenden nur die allgemeinen Folgerungen gezogen, welche für alle Membranen oder doch für die grosse Mehrzahl derselben gelten. Die mitgetheilten Beobachtungen veranlassen noch zu verschiedenen Bemerkungen über Jodreactionen. Sie betreffen aber Erscheinungen, die nicht allen Membranen zukommen, und durch die verschiedene chemische Zusammensetzung derselben bedingt werden. Ich werde bei einer anderen Gelegenheit darauf zurückkommen.

---

13. Ueber die chemische Zusammensetzung der Stärkekörner und Zellmembranen.

(Vorgetragen den 13. Juni 1863.)

Die Untersuchungen über die Reaction des Jod, welche Gegenstand mehrerer früherer Mittheilungen (Sitzung vom 13. Dec. 1862, 14. Febr. und 16. Mai 1863) waren, lassen auch einige Schlüsse über die chemische Zusammensetzung der Stärkekörner und pflanzlichen Zellmembranen zu. Da das Amylum und die Mehrzahl der Zellen aus isomeren Verbindungen zusammengesetzt sind, welche die nämlichen Zersetzungsprodukte liefern, so wurden bisher zur Unterscheidung dieser Verbindungen die verschiedene Löslichkeit und das ungleiche Verhalten gegen Jod als die einzigen Merkmale benutzt, und der jetzige Standpunkt unserer Kenntnisse erlaubt noch keine andere Behandlung.

Die grosse und fast unüberwindliche Schwierigkeit besteht nun aber darin, dass Stärkekörner und Membranen nie ganz ohne fremde Einlagerungen sind, dass die letztern in Quantität und Qualität unzählige Abstufungen und Combinationen zulassen, und dass schon aus diesem Grunde, selbst wenn die Grundlage der Stärkekörner und Membranen die nämliche wäre, Löslichkeit und Jodreaction die mannigfaltigsten Erscheinungen zulassen würden. Desswegen war es nicht gerechtfertigt, wenn Schleiden früher die Behauptung aufstellte, dass die membranbildenden isomeren Verbindungen in zahllosen Modificationen und Abstufungen vorkommen, und ebenso wenig wird der in neuester Zeit gemachte Vorschlag von Frémy, ein halbes Duzend verschiedener Stufen zu unterscheiden, von zwingenden Gründen unterstützt.

Doch muss eingeräumt werden, dass die entgegengesetzte

Ansicht von Payen und von Mohl, es bestehe die Grundlage aller Pflanzenzellmembranen aus der nämlichen Verbindung, nämlich aus Cellulose, nicht besser begründet ist. Denn um sie zu dieser Einheit zu führen, müssen manche mit Aetzkalilauge und manche mit Salpetersäure gekocht, viele überdem mit concentrirter Schwefelsäure behandelt werden. Diese Proceduren, welche unter dem Titel der Reinigung ausgeführt werden, könnten ebensowohl eine chemische Veränderung, d. h. den Uebergang von verschiedenen isomeren Verbindungen in Cellulose bewirken.

Zu den angeführten Schwierigkeiten kommt noch die hinzu, dass bei den Stärkekörnern und, wie ich zeigen werde, auch bei Zellmembranen, die Substanz aus einer innigen Mischung von zwei isomeren Verbindungen besteht. Wenn es nun auch gelingt, die eine derselben auszuziehen und dadurch die andere allein darzustellen, so ist es bis jetzt doch unmöglich geblieben, die erstere durch Entfernung der zweiten ebenfalls für sich zu erhalten, so dass wir die Vergleichung nur zwischen einem Gemenge zweier Verbindungen und einer derselben bewerkstelligen können.

Um das Maass der Schwierigkeiten voll zu machen, bestehen Stärkekörner und Zellmembranen aus verschiedenen Partieen (Schichten, Streifen), die physikalisch und chemisch ungleich constituirt sind und somit auch den Lösungsmitteln ungleichen Widerstand darbieten. Daraus folgt, dass die Analysen vorzugsweise unter dem Mikroskop ausgeführt werden müssen, da es in keinem Falle möglich ist, eine grössere Menge Substanz zu gewinnen, deren kleinste Partieen die gleiche physikalische und chemische Beschaffenheit haben.

Ich will mich heute auf wenige Fragen beschränken; sie betreffen die Identität der Cellulose in den Stärkekörnern mit derjenigen der Zellmembranen und die Unterscheidung der Garnulose und Cellulose.

I. Identität der Cellulose in den Stärkekörnern und Zellmembranen.

Nachdem ich im Jahr 1856 die Entdeckung gemacht und auf der Naturforscherversammlung in Wien veröffentlicht hatte, dass die Stärkekörner aus zwei Verbindungen zusammengesetzt seien, von denen die eine (Granulose) durch Jod sich bläut, die andere (Cellulose) nicht, so machte Melsens im Jahr 1857 (Institut 1857 pag. 161) bekannt, es sei ihm gelungen, die durch Jod sich bläuende Substanz durch organische Säuren, Diastase, Pepsin auszuziehen. Ueber den Rückstand sprach er die Vermuthung aus, derselbe bestehe aus einer stickstoffhaltigen und einer der Cellulose verwandten Verbindung. Eine weitere Mittheilung ist von Melsens meines Wissens nicht veröffentlicht worden. Ueber die von demselben erwähnten Lösungsmittel habe ich keine Untersuchungen angestellt; von Mohl wird bemerkt, dass der Versuch, die Stärkekörner mit organischen Säuren zu behandeln, ihm kein günstiges Resultat geliefert habe (Bot. Zeit. 1859 p. 226).

So weit es nur die mikroskopische Beobachtung der Körner betrifft, so lässt die Behandlung mit Speichel nichts zu wünschen übrig. Aber es war mir unmöglich, aus grössern Mengen Stärkemehl die Granulose auszuziehen, so dass man den Rückstand für eine makro-chemische Untersuchung hätte verwenden können. Die Schwierigkeit besteht darin, dass die Körner ungleichzeitig angegriffen werden, und dass man nach einiger Zeit neben solchen, die alle Granulose verloren haben, noch solche findet, die ganz unverändert sind. Dem könnte vielleicht abgeholfen werden, wenn durch eine passende Vorrichtung das der constanten Wärme ausgesetzte Gefäss in fortwährender Rotation erhalten würde.

Jedenfalls war es wünschenswerth, noch ein anderes Verfahren zu finden, wodurch man die Granulose aus dem

Stärkemehl, und zwar bei gewöhnlicher Temperatur, ausziehen kann. Ich setzte im December 1861 mehrere Gläser mit Kartoffelstärkemehl und verschiedenen Flüssigkeiten (Schwefelsäure, Salzsäure, Aetzkalilösung und Aetzkalilösung mit Speichel) an. Die Säuren, sowie die Kalilösung wurden soweit verdünnt, dass ein Aufquellen der Stärkekörner nicht mehr erfolgte. Die Gläser standen im Zimmer und wurden von Zeit zu Zeit geschüttelt.

Diejenigen, in welchen Kalilösung mit oder ohne Speichel sich befand, gaben kein brauchbares Resultat; es traten zwar Auflösungen in sehr geringem Maasse ein, aber dieselben ergriffen die ganze Substanz, so dass der übrigbleibende Theil sich färbte, wie ein unverändertes Stärkekorn. Dagegen erwiesen sich sowohl die Salzsäure als die Schwefelsäure für meine Zwecke günstig; die erstere hatte nach $^3/_4$ Jahren, die letztere nach einem Jahr das Stärkemehl soweit verändert, dass es ausgewaschen durch Jod und Wasser sich nicht mehr blau, sondern blass gelblich färbte. Nach $^5/_4$ Jahren blieben die Körner aus der verdünnten Salzsäure bei Zusatz von Jod vollkommen farblos.

Ueber die Veränderungen, welche eine solche langdauernde Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren in den Stärkekörnern hervorbringt, werde ich bei einer spätern Gelegenheit Bericht erstatten.

Den Rückstand des mit Speichel bei mässig erhöhter Temperatur behandelten Stärkemehls habe ich als Cellulose bezeichnet, da ich in den bekannten Reactionen zwischen demselben und den gewöhnlichen Zellmembranen keinen Unterschied fand. H. v. Mohl hat gegen diese Deutung Widerspruch erhoben (Bot. Zeit. 1859 p. 225); er behauptete die zurückbleibende Substanz sei von der Cellulose verschieden, und zwar erklärte er sie als eine neue Verbindung, für die er den Namen Farinose vorschlug. Er führte für seine An-

sicht zwei Gründe an; der eine stützte sich auf das optische Verhalten, der zweite auf das Verhalten gegen Lösungsmittel.

Ueber die Erscheinungen, welche das polarisirte Licht in den organisirten pflanzlichen Substanzen (Stärkekörnern und Zellmembranen) hervorruft, habe ich in einer frühern Mittheilung (Sitzung vom 8. März 1862) gesprochen. Ich habe gezeigt, dass die Mohl'sche Unterscheidung von positiven und negativen Farben, von denen die ersteren den unveränderten oder durch Speichel ausgezogenen Stärkekörnern, die letztern den meisten Zellmembranen zugeschrieben wurden, insofern dieselbe eine optische Differenz anzeigen soll, auf einem Irrthum beruht. Denn die kleinsten Theilchen der Membranen sind optisch zweiaxig, und über ihre positive oder negative Natur ist mit Ausnahme weniger Fälle, wo sie sich mir als positiv erwiesen, nichts bekannt. Ueberdem geben zuweilen die Membranen von nahe verwandten Zellen und selbst die Theile der gleichen Zellen, wo eine chemische Verschiedenheit durchaus nicht anzunehmen ist, ungleiche (positive und negative) Farben im Sinne Mohl's.

Mit Rücksicht auf die physikalischen Eigenschaften sagt Mohl, dass die durch Speichelferment ausgezogenen Stärkekörner durch verschiedene Mittel gelöst werden, welche gereinigte Cellulose nicht merklich angreifen; er nennt kaustische Kalilauge, Chlorzinkjodlösung, Kupferoxydammoniak, Nickeloxydammoniak, Salpetersäure, Salzsäure.

Dieser Einwurf überraschte mich einigermaassen an einem Vertheidiger der Ansicht, dass alle Zellmembranen aus der gleichen Verbindung bestehen. Ist ja ihre Löslichkeit so ausserordentlich verschieden, dass die einen bekanntlich schon in kochendem Wasser sich lösen, andere von Salzsäure, Salpetersäure, verdünnter Schwefelsäure, Aetzkalilösung selbst bei der Siedhitze nicht angegriffen werden. Diese ungleiche Löslichkeit hat auch Frémy die Veranlassung gegeben, mehrere chemische Verbindungen zu unterscheiden. Nun

weiss aber der Mikroskopiker, dass es nicht einzelne bestimmte Grade in den Löslichkeitsverhältnissen der Zellmembranen, sondern eine allmähliche Abstufung von dem einen Extrem bis zu dem andern giebt.

Sollte Mohl, da er schlechthin von gereinigter Cellulose spricht, etwa die Ansicht hegen, dass die ungleiche Löslichkeit der Zellmembranen allein durch die eingelagerten fremdartigen Substanzen bedingt werde? Eine solche Behauptung wäre zwar ferne davon, bewiesen zu sein, da Niemand auch nur den Beweis anzutreten versucht hat. Allein die Möglichkeit lässt sich nicht bestreiten, wenn auch, wie mir scheint, die Wahrscheinlichkeit nur gering ist. Wenn die festern Zellmembranen (z. B. Tannenholz, Baumwolle) durch alle möglichen Mittel gereinigt wurden, so sind sie immer noch unlöslicher als manche andere Membranen und Membrantheile, die gar keine Behandlung erfahren haben.

Nach meiner Ansicht kann eine chemisch gleich constituirte Substanz durch die ungleiche Organisation auch eine ungleiche Löslichkeit erlangen. Sie kann mit viel Wasser weiche Membranen bilden, die leicht aufquellen und sich leicht lösen; mit wenig Wasser kann sie feste Membranen darstellen, die den Quellungs- und Lösungsmitteln viel mehr Widerstand darbieten. Es scheint mir diess eine Thatsache zu sein, welche sich dem Mikroskopiker so sehr aufdrängt, dass er sie wenigstens nicht ignoriren darf, wenn auch die ungleiche Organisation ihm noch ein ungelöstes Räthsel ist.

Ich bezweifle nun nicht, dass man von zwei verschiedenen Membranen die festere durch Behandlung mit verschiedenen Mitteln soweit verändern kann, dass sie ebensoleicht löslich wird, als die andere. Aber so weit meine Erfahrungen reichen, quillt sie dabei immer so weit auf, dass sie die Weichheit der weichern annimmt. Damit scheint mir ziemlich sicher angedeutet zu sein, dass die leichtere Lös-

[redacted]

lichkeit nicht allein Folge der Reinigung, sondern auch der veränderten Molecularstructur ist.

Aus diesem Grunde halte ich dafür, dass, wenn man verschiedene Substanzen organisirter Gebilde rücksichtlich ihrer Löslichkeit vergleichen will, es nur dann geschehen darf, wenn sie einen gleichen Grad der Dichtigkeit (oder Festigkeit) besitzen. Als ich daher sagte, dass die Stärke leichter löslich sei als Cellulose, so habe ich ausdrücklich hervorgehoben, dass beide im Zustand gleicher Reinheit und gleicher Dichtigkeit sich befinden müssen; und Mohl hätte bei der Vergleichung des durch Speichel ausgezogenen Stärkemehls mit der Cellulose ebenso verfahren sollen, wenn er den Beweis leisten wollte, dass beide von verschiedenen Verbindungen gebildet werden.

In der That giebt es Formen der Cellulose, welche ebenso leicht und leichter löslich sind, als die durch Speichel ausgezogenen Stärkekörner. Die letztern ertragen die Einwirkung des kochenden Wassers, ohne sich zu verändern. Wenn man aber Durchschnitte durch die Saamenlappen von Hymenaea Courbaril einige Secunden kocht, so zeigt schon die mikroskopische Untersuchung, dass gewisse Partieen der Wandungen verschwunden sind; es werden nämlich die mittleren Schichten theilweise gelöst, indess die äusserste und die innerste der Einwirkung widerstehen. Bringt man einen Tropfen des Wassers, in welchem die Schnitte gekocht wurden, auf einen Objektträger, und setzt etwas Jod und Jodwasserstoffsäure zu, so bildet sich sogleich ein intensiv blauer oder blaugrüner Niederschlag. Die Cotyledonen von Mucuna verhalten sich ebenso.

Ja, nicht nur das kochende, sondern selbst das kalte Wasser löst einen bemerkbaren Theil der Zellwandungen aus den Saamen von Hymenaea, Mucuna und andern Gattungen, wie ich später zeigen werde.

Die Zellwandungen in den Saamenlappen von Hymenaea

und Mucuna sind zweifellos Cellulose (von Mohl werden sie als vorzugsweise reine Cellulose betrachtet). Aus ihrem Verhalten zu kochendem Wasser geht hervor, dass der Grad des Löslichkeit keinen durchgreifenden Unterschied zwischen den Zellmembranen und dem Rückstand des mit Speichel behandelten Stärkemehls begründen kann.

Mohl führt noch an, dass die Substanz der mit Speichel ausgezogenen Stärkekörner sehr brüchig, reine Cellulose dagegen in bemerkbarem Grade zähe sei. Wenn die wesentlich verschiedene Anordnung der kleinsten Theilchen (zu einer soliden Kugel im einen, zu parallelschichtigen Häuten im andern Fall) und der durch das Ausziehen von $^2/_3$ — $^3/_4$ der Substanz gelockerte Zusammenhang der Theilchen mit den daraus sich ergebenden mechanischen Folgerungen berücksichtigt werden, so kann wohl der angeführte Unterschied nicht ernsthafter Weise für die Begründung einer chemischen Verschiedenheit in Anspruch genommen werden.

Die Annahme der „Farinose" Mohl's beruht daher in allen Beziehungen auf gleich unhaltbaren Grundlagen; und wir haben nicht Ursache, sie als verschieden von der Gruppe von Stoffen zu trennen, welche die Substanz aller Zellmembranen bilden, und die wir unter dem Namen Cellulose zusammenfassen. Ich bemerke aber ausdrücklich und ich werde am Schlusse noch darauf zurückkommen, dass möglicher- ja wahrscheinlicher Weise unter der Cellulose Payen's und Mohl's mehrere chemisch-differente Verbindungen sich befinden, und dass die Amylocellulose eine derselben ist.

Ich habe früher (Stärkekörner pag. 182) die Vermuthung ausgesprochen, dass manche Zellmembranen, gleichwie die Stärkekörner, aus Granulose und Cellulose zusammengesetzt seien. Die Vermuthung gründete sich auf die Annahme, dass die betreffenden Membranen mit Jod und Wasser eine blaue Farbe annehmen; sie hat sich in der That durch die

Versuche vollkommen bestätigt, so weit nämlich jene Annahme richtig war. Wie ich in meiner letzten Mittheilung (vom 16. Mai 1863) zeigte, sind es unter den Zellmembranen bloss die Flechtenschläuche, welche sich durch Jod und Wasser bläuen. Dieselben stimmen in ihrem Verhalten insofern mit den Stärkekörnern überein, als ihnen durch Salzsäure die durch Jod sich bläuende Substanz entzogen wird.

In allen übrigen Zellmembranen kann, seitdem nachgewiesen wurde, dass Jod und Wasser keine Blaufärbung hervorzurufen vermag, selbstverständlich auch die Anwesenheit von Granulose nicht mehr supponirt werden; und es ist die Vermuthung einer analogen Zusammensetzung auf die Asci der Lichenen zu beschränken. Von denselben können wir vor der Hand annehmen, dass sie aus einer Vereinigung von Granulose und Cellulose bestehen, wobei aber ebenfalls immer die Möglichkeit offen bleibt, dass diese beiden Verbindungen von der Granulose der Stärkekörner und von der Amylocellulose, sowie von den Celluloseformen der übrigen Membranen verschieden sind.

II. Unterschied zwischen Granulose und Cellulose rücksichtlich ihrer Reaction gegen Jod.

Da die Granulose bis jetzt nicht für sich dargestellt werden kann, so lässt sich auf ihre Eigenschaften nur insofern schliessen, als man eine Mischung von Granulose und Cellulose, d. h. die Stärke selber mit Cellulose vergleicht. Es ist offenbar, dass die Verschiedenheiten, welche die Stärke gegenüber der Cellulose zeigt, ihrem Gehalte an Granulose zugeschrieben werden müssen.

Ich habe früher (Stärkekörner pag. 189, 193) den Unterschied zwischen Stärke und Cellulose darin gefunden, dass die letztere durch Jod nicht blau gefärbt werde, und dass sie bei gleicher Dichtigkeit schwerer aufquelle und sich löse.

In Folge seitheriger Untersuchungen lassen sich diese beiden Unterschiede viel genauer präcisiren.

Wenn ich von den Eigenschaften der Stärke spreche, so verstehe ich darunter vorzugsweise diejenigen der innern Substanz der Kartoffelstärkekörner. Freilich gelten sie im Allgemeinen für alle Stärke, da nur eine sehr dünne äusserste Schicht der gewöhnlichen Stärkekörner und nur von sehr wenigen Pflanzenorganen die ganzen Stärkekörner so arm an Granulose sind, dass sie sich nahezu wie Cellulose verhalten. Cellulose nehme ich in dem Sinne Payen's und Mohl's und begreife darunter die Substanz aller Zellmembranen mit Ausschluss der Flechtenschläuche, wobei aber zu bemerken ist, dass gewisse Membranen zuvor mit Schwefelsäure, andere überdem mit Aetzkali oder Salpetersäure behandelt werden müssen. Die Differenz zwischen Stärke und Cellulose rücksichtlich ihrer Reaction auf Jod, muss nun folgendermaassen formulirt werden:

1. Die Stärke färbt sich durch Jod und Wasser indigoblau; die gleichzeitige Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure oder Jodmetallen verändert, nach Maassgabe der Concentration, diese Farbe in Violett, Roth und Gelb. Die Cellulose wird durch Jod und Wasser nicht gefärbt; bei gleichzeitiger Einwirkung einer geringern Menge von Jodwasserstoffsäure oder eines Jodmetalls erfolgt blaue Färbung, während steigende Mengen dieser Verbindungen sie in Violett, Roth und Gelb umwandeln.

Ich hatte früher angegeben, dass reine Cellulose blass- und schmutzig-röthlich bis kupferroth oder röthlichbraun gefärbt werde. Diess ist, insofern es sich um die Einwirkung von Jod und Wasser allein handelt, unrichtig, wie die bessern Untersuchungsmethoden zeigten. Ebenso ist es nach den jetzigen Mittheilungen überflüssig, auf die in Mohl's Entgegnung meiner Darstellung gegenüber ausge-

[redacted]

sprochene Behauptung, „die Reaction von Cellulose und Stärke gegen Jod biete gar kein brauchbares Kennzeichen zur Unterscheidung dieser beiden chemischen Verbindungen dar“, noch weiter einzutreten.

2. Das Jod hat eine grössere Verwandtschaft zu Stärke, als zu Cellulose, gleichviel, welche andern Substanzen ausser Wasser zugleich anwesend sind; nur bei den höchsten Concentrationsgraden der Jodwasserstoffsäure, des Jodzink und der Schwefelsäure vermag die Cellulose eine stärkere Anziehung auf das Jod auszuüben, als die Stärke.

Dieser Umschlag in der Verwandtschaft von Jod zu Stärke und Cellulose ist characteristisch. Die Versuche, welche ihn darlegen, sind folgende. Wenn man in Jodzink, in welchem etwas Jod gelöst ist, Kartoffelstärkemehl und Baumwolle bringt, so färben sich die Körner des erstern dunkelbraun, die Fäden der letztern rothviolett. Lässt man das Präparat auf dem Objektträger offen stehen, so fangen die Stärkekörner am Rande des Präparats an aufzuquellen; sie werden dabei nach Umständen intensiv kirschroth oder violett, dann hell-rosenroth und zuletzt farblos. Diese Veränderungen des Stärkemehls schreiten allmählich nach der Mitte des Präparats hin fort; zuletzt ist dasselbe ganz in farblosen Kleister umgewandelt. Die Baumwollfäden bleiben darin noch längere Zeit (mehrere Tage oder selbst Wochen) gefärbt; sie sind zuerst violett, dann blass-rosenroth und werden zuletzt ebenfalls farblos.

Diese Thatsache liess zwei Erklärungen zu: entweder hatte die Cellulose der Baumwolle zuletzt wirklich eine grössere Verwandtschaft zu Jod als die Stärke, oder ihre dichtere Masse vermochte das Jod gegenüber der Verdunstung mit grösserer Kraft zurückzuhalten, als der stark aufgequollene Stärkekleister. Folgende Versuche zeigen, dass die erste Erklärung die richtige ist.

Der erste Versuch bestand darin, dass das Präparat, als es farblos geworden war, wieder langsam durch Jodsplitter gefärbt wurde. Die Baumwollfäden nahmen das Jod rascher auf; sie waren blass-rosa, während der umgebende Kleister noch ganz farblos erschien; sie waren darauf schmutzig-rothviolett, als der Kleister erst gelb geworden; sie behielten die nämliche Farbe, indess der Kleister sich nach und nach schmutzig-blauviolett färbte.

Der zweite Versuch sollte zeigen, welchen Einfluss überhaupt die Dichtigkeit der Cellulose auf die Anziehung und auf die Festhaltung des eingelagerten Jod ausübt. Baumwolle wurde mit Chlorzink erwärmt, bis sie zum Theil desorganisirt und gallertartig geworden. Nach dem Erkalten wurde das Präparat mit Wasser ausgewaschen, dann unveränderte Baumwolle beigemengt, und darauf Jodzink mit wenig Jod zugesetzt. Die Gallerte färbte sich etwas schneller und viel intensiver, als die unveränderten Fäden; jene war intensiv-rothviolett, als diese erst bräunlichgelb waren. Bei Zusatz von mehr Jod nahmen die Fäden bald die gleiche braunrothe Farbe an, wie die Gallerte. — Das Präparat blieb dann mehrere Tage lang unbedeckt. Die unveränderten Baumwollfäden verloren zuerst das eingelagerte Jod; sie waren ganz farblos, als die Gallerte noch intensiv- und lebhaft-kirschroth erschien. — Daraus geht hervor, dass die dichtere Substanz das Jod langsamer aufnimmt und schneller abgiebt, als die weichere.

Wie die Cellulose verhält sich in dieser Beziehung auch die Stärke. Wenn man unverändertes Kartoffelstärkemehl und Kartoffelstärkekleister untereinander mengt und durch Jod äusserst langsam färbt, so nimmt der Kleister das Jod etwas schneller auf, als die in demselben befindlichen unaufgequollenen Körner. Jener ist intensiv-blau, während diese erst hellblau sind.

Diese verschiedenen Versuche beweisen, dass bei Cellu-

[redacted]

lose und Stärke, unter übrigens gleichen Umständen, die weichere Substanz eine grössere Affinität zu Jod hat, dasselbe rascher aufnimmt und länger zurückhält, als die dichtere. Sie zeigen, dass in dem ursprünglichen Versuche die Cellulose der Baumwollfäden aus dem Grunde länger gefärbt bleibt, weil sie eine grössere Anziehung auf das Jod auszuüben vermag, als die Stärke.

Um Stärke und Cellulose mit einander zu vergleichen, wurde ferner Baumwolle in einer Mischung von Chlorzink- und Jodzinklösung zu einer Gallerte gekocht, darauf in Wasser ausgewaschen, in mehrere flache Uhrgläser vertheilt, und damit Kartoffelstärkemehl gemengt. Zu den verschiedenen Präparaten wurde Jodzinklösung in ungleicher Concentration und geringe Mengen von Jod zugesetzt. Es färbte sich allein das Stärkemehl und zwar bei der geringsten Concentration des Jodzinks blau, bei steigender Concentration violett, rothbraun oder roth und endlich feuerroth oder orange. Die Baumwollgallerte blieb in allen Fällen vollkommen farblos, wenn das Jod nicht im Ueberschuss vorhanden war. — Die Uhrgläser wurden unbedeckt stehen gelassen, die Farbe des Stärkemehls gieng dabei in allen Präparaten in Feuerroth über, weil die Jodzinklösung durch Verdunstung concentrirter wurde. Später quollen in Folge noch stärkerer Verdunstung des Wassers die Stärkekörner auf und wurden violett, nachher hellrosenroth und zuletzt farblos.

Wurde aber durch eine hinreichende Menge Jod nicht nur die Stärke, sondern auch die gallertartige Baumwolle gefärbt und darauf das unbedeckte Präparat der Verdunstung überlassen, so behielten die aufgequollenen Baumwollfäden noch ihre kirschrothe Farbe, während die ganze übrige Masse farblos geworden war.

Eine ganz analoge Beobachtung wurde an dem Gewebe der Saamenlappen von Mucuna gemacht. Färbt man Durch-

schnitte derselben ganz langsam mit einer Lösung von Jodzink, die wenig Jod enthält, so färben sich zuerst die in den Zellen enthaltenen Stärkekörner, nachher die Zellwände. Lässt man Präparate, an denen die Membranen intensiv gefärbt sind, offen stehen, so verlieren zuerst wieder die letzteren durch Verdampfung einen Theil ihres Jod. Sie sind ziemlich hellviolett, während die Stärkekörner noch schwarz bleiben. Mittlerweile wird aber auch die Zinklösung durch Verdunstung concentrirter und die Stärkekörner in den Zellen werden nun ihrerseits ganz farblos, indess die Zellwandungen noch lange ihren rothvioletten Ton behalten.

Die aus diesen Versuchen hervorgehende Thatsache, dass die Cellulose, wenn sie von sehr concentrirter Jodzinklösung durchdrungen ist, eine grössere Anziehung auf Jod auszuüben vermag, als die ganz unter den nämlichen Bedingungen befindliche Stärke, dient auch dazu, eine Differenz in der Reaction gegen Jod, die man an den verschiedenen Schichten der Stärkekörner selbst beobachtet, zu erklären. Wenn man Kartoffelstärkemehl durch Jodzinkjodlösung färbt und das Präparat offen stehen lässt, so quellen die Stärkekörner in der durch die Verdunstung concentrirter werdenden Jodzinklösung auf. Der frühere braune Ton geht dabei in Violett über. Sowie das Aufquellen beginnt, concentrirt sich die stärkste Färbung auf den Umfang. Verdampft das Jod noch mehr, so wird die innere Masse ganz farblos und nur die äusserste dichtere und cellulosereiche Rinde zeigt sich noch gefärbt.

Noch schöner stellt sich die nämliche Erscheinung dar, wenn durch Jod gefärbtes Stärkemehl von Schwefelsäure durchdrungen aufquillt, wie ich schon in einer frühern Mittheilung (vom 14. Febr. 1863) erwähnt habe. Die innere Masse entfärbt sich vollständig, die Rinde wird intensiv blau.

Nach den vorher über das Verhalten der Stärke und Cellulose angeführten Beobachtungen ist nun die Erklärung

[redacted]

etwa nicht darin zu suchen, dass die innere Masse der Stärkekörner in Folge der stärkeren Aufquellung und der Desorganisation eine geringere Verwandtschaft zu Jod habe, als die dichtere und geschichtete Rinde. Die letztere zieht bei Anwesenheit stark concentrirten Jodzinks oder von Schwefelsäure das Jod nur desswegen energischer an, weil sie mehr Cellulose enthält.

III. Unterschied zwischen Granulose und Cellulose rücksichtlich ihrer Quellungsfähigkeit und Löslichkeit.

Obgleich die Granulose nicht für sich bekannt ist, so durfte doch, wenn es sich um die Reaction gegen Jod handelte, ihre Identität mit der Stärke angenommen werden, da der eine Bestandtheil der letztern, nämlich die Cellulose, durch Jod und Wasser gar nicht gefärbt wird. Schwieriger wird der Vergleich zwischen Granulose und Cellulose, wenn es sich um Quellungsfähigkeit und Löslichkeit handelt, da diese Eigenschaften beiden Verbindungen, aber in ungleichem Maasse zukommen. Wenn nun das Stärkemehl in einem Lösungsmittel leichter, in einem andern schwieriger löslich ist, als die Cellulose, so unterliegt es gar keinem Zweifel, dass das verschiedene Verhalten im einen und im andern Falle durch den Gehalt an Granulose bedingt wird. Wir werden auch geneigt sein anzunehmen, dass die Granulose, wenn sie für sich dargestellt werden könnte, in den gleichen Mitteln sich leichter lösen würde, als Cellulose, in denen sich das Stärkemehl leichter löst und umgekehrt. Allein gewiss wäre diess doch nicht; es bestände immer auch die Möglichkeit, dass die durch Molecularkräfte zu Stärke verbundenen Cellulose und Granulose sich verhielten, wie die Legirungen der Metalle, welche in Löslichkeit und andern physikalischen Eigenschaften häufig nicht zwischen den beiden

constituirenden Verbindungen bleiben, sondern über beide hinausgehen.

Rücksichtlich der beiden in Frage stehenden Eigenschaften ist nun als Regel festzuhalten, dass

Stärke in Wasser, in Säuren und in Alkalien, sowie bei erhöhter Temperatur rascher aufquillt und leichter löslich ist, als reine Cellulose von gleicher Dichtigkeit, dass dagegen Kupferoxidammoniak auf Cellulose ein grösseres Quellungs- und Lösungsvermögen ausübt, als auf Stärke von derselben Dichtigkeit. Chlorzink und Jodzink scheinen bezüglich ihrer Einwirkung gewissermaassen die Mitte zu halten, in der Art, dass sie die Stärke stärker aufquellen machen, die Cellulose aber leichter lösen.

Wenn ich hier von Löslichkeit der Cellulose und Stärke spreche, so füge ich mich dem allgemeinen Sprachgebrauche und verstehe darunter die Fähigkeit einer Substanz, sich so in der Flüssigkeit zu vertheilen, dass dieselbe von blossem Auge und unter dem Mikroskop betrachtet klar und hell bleibt, durch das Filtrum geht und beim Stehen keinen

[redacted]

sowohl der Stärke als der Cellulose, in diesem Sinne schon in kaltem Wasser löslich sind. Für das Stärkemehl ist diess schon wiederholt und von verschiedenen Seiten behauptet, aber theils weit übertrieben, theils unrichtig dargestellt worden. Aus unverletzten Stärkekörnern scheint kaltes Wasser nichts auszuziehen; aus zerdrückten Körnern löst es nur äusserst wenig auf; die geringe Menge der „gelösten" Substanz kann ziemlich gesteigert werden, wenn man durch längeres Zerreiben die mechanische Vertheilung befördert.

Von dieser Löslichkeit kann sich jeder Mikroskopiker leicht überzeugen, wenn er auf dem Objektträger etwas Stärkemehl zerquetscht oder zerreibt. Ja, die geringe Zahl der gespaltenen Körner in dem käuflichen Kartoffelstärkemehl reicht schon hin, um den Beweis zu liefern. Wenn unter einem Präparat in destillirtem Wasser nur wenige zerbrochene Stärkekörner sich befinden und man einige Jodstückchen auf dasselbe legt, so wird man den Rand des Wassers entweder überall oder stellenweise sich blau färben sehen.

Von der Cellulose wird allgemein angenommen, dass sie in Wasser sowohl bei gewöhnlicher, als bei erhöhter Temperatur unlöslich sei; auch Mohl hebt ihre „völlige Unlöslichkeit in Wasser als einen Unterschied gegenüber der Stärke" hervor. Diess ist unrichtig, wenn wir dem Begriff Cellulose die Ausdehnung geben, wie von Payen und von Mohl vorgeschlagen wurde, d. h. wenn wir sie als die Grundlage der meisten pflanzlichen Zellmembranen anerkennen. In diesem Falle verhält sie sich analog der Stärke; sie ist bei hinreichender Weichheit nicht nur in kochendem, sondern selbst in kaltem Wasser löslich.

Ich habe bereits Eingangs angeführt, dass bestimmte Schichten der Zellwandungen in den Saamenlappen von Hymenaea und Mucuna durch kochendes Wasser verschwinden. Bei den gleichen Membranen löst auch das kalte

Wasser einen, wenn auch viel geringern Theil auf. Fertigt man Durchschnitte an, die man in einen Tropfen Wasser auf den Objektträger legt, so färbt sich bei Zusatz von Jod in Jodwasserstoffsäure oder Jodzinklösung der Rand des Präparates blau. Wendet man Jod allein an, so tritt die Reaction erst nach einiger Zeit (wenn sich Jodwasserstoffsäure gebildet hat) ein. Die nämliche Beobachtung kann man an manchen Saamen (Albumen oder Cotyledonen), welche keine Stärke enthalten, machen.

Die weichsten Partieen gewisser Zellmembranen lösen sich also in kaltem Wasser, wie es die weichsten Partieen der Stärkekörner thun. Im Uebrigen jedoch widersteht bei gleicher Dichtigkeit die Substanz der Membranen beinahe allen Lösungsmitteln viel energischer, als das Amylum. Es ist überflüssig Beispiele hiefür anzuführen.

Ich will nur einiger Thatsachen erwähnen, welche die mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure behandelten Kartoffelstärkekörner darbieten. Da aus ihnen die Granulose ausgezogen wurde, so ist es sicher, dass sie auf ein gleiches Volumen mehr Wasser und weniger Substanz enthalten, als das unveränderte Kartoffelstärkemehl, dass ihre Substanz also eine geringere Dichtigkeit besitzt. Wenn wir somit gewöhnliche und ausgezogene Stärkekörner mit einander vergleichen und die erstern eine grössere Löslichkeit darbieten, so darf für Substanzen von gleicher Dichtigkeit die Differenz eher noch grösser angenommen werden. Innerhalb bestimmter Grenzen gilt diess auch für die Quellungsfähigkeit.

Ein Tropfen der verdünnten Salzsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen Kartoffelstärkekörnern wurde auf einen Objektträger gebracht und damit gewöhnliche Kartoffelstärkekörner vermengt. Das Präparat blieb unbedeckt stehen. In der durch Verdunstung des Wassers concentrirter werdenden Salzsäure quollen die gewöhnlichen Stärkekörner auf und bildeten einen Kleister, der nach und nach eintrocknete.

[redacted]

Die ausgezogenen Körner dagegen trockneten ein, ohne aufzuquellen. Das Präparat bestund nun aus einer homogenen, kleisterartigen Masse, in welcher kleine solide Körner lagen.

In gleicher Weise wurde ein Tropfen der verdünnten Schwefelsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen Kartoffelstärkekörnern sammt darunter gemengten gewöhnlichen Stärkekörnern auf einem Objektträger der Verdunstung überlassen. Die letztern quollen bald auf, indess die erstern Wochen und Monate lang unverändert blieben.

Auf einem andern Objektträger von hinreichender Grösse wurde ferner ein Tropfen der verdünnten Schwefelsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen Stärkekörnern ausgebreitet; daneben wurde ein Tropfen der nämlichen Schwefelsäure aber ohne die ausgezogenen Körner gebracht, und in demselben gewöhnliches Kartoffelstärkemehl vertheilt, wobei darauf geachtet wurde, dass in beiden Tropfen sich ungefähr gleiche Mengen von Körnern befanden. Nach 5 Minuten war in Folge der Verdunstung des Wassers der Tropfen mit dem gewöhnlichen Stärkemehl in Kleister verwandelt. Die ausgezogenen Körner schwammen nach zwei Monaten noch scheinbar unverändert in dem andern Tropfen herum.

Wenn ein Tropfen verdünnte Schwefelsäure auf einer Glasplatte, wie es in den beiden eben erwähnten Versuchen der Fall war, der Verdunstung preisgegeben ist, so stellt sich bald ein stabiler Zustand ein, in welchem die Neigung des Wassers zu verdunsten und die Anziehung von Schwefelsäure und Wasser sich das Gleichgewicht halten. Die Concentration in diesem Zustande ist wenigstens so bedeutend, dass eine geringe Menge gewöhnliches Stärkemehl in kurzer Zeit in Dextrin übergeführt wird, indess die ausgezogenen Stärkekörner Monate lang widerstehen. Bemerkenswerth ist, dass dieselben nicht einmal aufquellen.

Diess veranlasste mich noch einige Versuche, betreffend die Quellungsfähigkeit der ausgezogenen Stärkekörner, anzu-

stellen, wobei sich ergab, dass diese Eigenschaft denselben beinahe ganz mangelt. Die mit Salzsäure ausgezogenen Kartoffelstärkekörner wurden sowohl in der unveränderten Flüssigkeit, in der sie sich befanden, als auch nachdem dieselbe mit Wasser noch mehr verdünnt worden war, bis zum Sieden erhitzt und selbst mehrere Minuten lang gekocht. Sie quollen dabei nicht auf und bildeten somit auch keinen Kleister. Ebenso trat eine Lösung nicht ein, wohl aber zerfielen die Körner, indem sie sich abblätterten. Es fanden sich daher nach dem Kochen in der Flüssigkeit theils schalenförmige, theils kugelige Bruchstücke: die erstern bestehend aus einer oder mehreren Lamellen, die sich von einem Korn abgelöst hatten, die letztern bestehend aus der innersten durch das Abblättern frei gewordenen Partie. — Wurden die ausgezogenen Kartoffelstärkekörner auf dem Objektträger mit hinreichend concentrirter Schwefelsäure in Berührung gebracht, so wurden dieselben aufgelöst; der Lösung gieng ein nur sehr unbedeutendes Aufquellen voraus.

Wiewohl die ausgezogenen Stärkekörner der verdünnten Schwefelsäure, welche dem Verdunsten ausgesetzt ist, be gewöhnlicher Temperatur und der verdünnten Salzsäure be der Siedhitze widerstehen, so wird doch ein sehr geringe Theil derselben selbst bei Abwesenheit von Schwefelsäur und bei gewöhnlicher Temperatur gelöst. Diess wird durc folgenden Versuch bewiesen.

Wenn man einen Tropfen der verdünnten Salzsäure m den darin befindlichen ausgezogenen Kartoffelstärkekörne auf dem Objektträger ausbreitet und einige Jodstückch darauf legt, so färben sich die Körner nach einiger Ze sobald nämlich eine hinreichende Menge von Jodwassersto säure gebildet ist, violett und blau. Etwas früher nim der Rand der Flüssigkeit stellenweise die gleiche Färbu an. Setzt man von Anfang etwas Jodwasserstoffsäure so tritt die Bläuung sowohl der Körner als des Flüssigkei

randes viel rascher ein. Es ist also ein geringer Theil der Cellulose in der verdünnten Salzsäure gelöst oder einer Lösung ähnlich vertheilt, und häuft sich, wie es mit den gelösten Stoffen gewöhnlich der Fall ist, an dem Umfange des flachen Tropfens an. Der blau werdende Rand enthält nicht etwa die ausgezogene und aufgelöste Granulose, denn die Bläuung durch Jod tritt erst bei Anwesenheit von Jodwasserstoffsäure ein.

Bemerkenswerth ist das Verhalten der unveränderten und ausgezogenen Stärkekörner gegen Kupferoxidammoniak. Ich wusch in einem Uhrglas eine geringe Menge des durch Salzsäure ausgezogenen Kartoffelstärkemehles aus, und übergoss dasselbe nach Hinwegnahme des Wassers mit einigen Tropfen Kupferoxidammoniak. Die Körner wurden alle rasch aufgelöst. In ein anderes Uhrglas gab ich eine gleiche Menge unveränderten Kartoffelstärkemehls, befeuchtete dasselbe mit etwas Wasser und fügte dann eine gleiche Quantität der nämlichen Kupferoxidammoniaklösung bei. Die Körner quollen ziemlich langsam auf; keines wurde gelöst. Ein Theil derselben wurde überhaupt nicht angegriffen, konnte also selbst nicht einmal zum Aufquellen gebracht werden.

Mit dem durch Schwefelsäure ausgezogenen Stärkemehl wurde der gleiche Versuch angestellt, und lieferte ein analoges Resultat. Doch wurde es etwas langsamer aufgelöst, was damit zusammenhängt, dass es durch die Säure etwas weniger verändert (nicht so vollständig ausgezogen) war, als das in verdünnter Salzsäure befindliche. In beiden Fällen verschwanden die Körner in Kupferoxidammoniak, ohne aufzuquellen.

Chlorzink und Jodzink verhalten sich ähnlich wie Kupferoxidammoniak. Ein Tropfen der verdünnten Salzsäure wurde mit den darin befindlichen ausgezogenen und ausserdem mit gewöhnlichen Kartoffelstärkekörnern auf den Objektträger gebracht und dann concentrirte Chlorzinklösung zugesetzt.

Diesselbe machte zuerst die gewöhnlichen Stärkekörner sehr stark aufquellen. Neben denselben blieben die ausgezogenen Körner noch kurze Zeit unverändert; dann wurden sie gelöst, indess die erstern nur noch stärker aufquollen, aber nicht in Lösung übergiengen.

Der Versuch wurde auch so angestellt, dass zwei Tropfen der verdünnten Salzsäure auf einem Objektträger sich neben einander befanden, von denen der eine nur ausgezogene, der andere nur gewöhnliche Kartoffelstärkekörner in gleicher Menge enthielt. Nach Einwirkung des Chlorzinks war der eine Tropfen in Kleister verwandelt, der sich durch Jodzink blau färbte. Der andere enthielt eine Lösung, die durch Jodzink eine braune Färbung erhielt.

Ferner wurde eine geringe Quantität des durch verdünnte Schwefelsäure ausgezogenen Stärkemehls in einem Uhrglas ausgewaschen, das Wasser entfernt und dann Chlorzink zugesetzt. Die Körner lösten sich ohne aufzuquellen. Nach Einwirkung von Jodzinkjod zeigten sich fein granulirte violette Flocken in der Flüssigkeit. In einem andern Uhrglas wurde eine gleiche Menge gewöhnlichen Kartoffelstärkemehls befeuchtet und dann mit einer gleichen Quantität Chlorzink behandelt. Die Körner quollen sehr stark auf und verschwanden, indem sie einen scheinbar homogenen Kleister bildeten. Zusatz von Jodzinkjod färbte schön blau, und zeigte deutlich, dass nur ein sehr starkes Aufquellen, nicht eine Lösung stattgefunden hatte.

Was das Jodzink betrifft, so wendete ich dasselbe nur in Verbindung mit Jod an. Ein Tropfen der verdünnten Salzsäure mit den darin befindlichen ausgezogenen und mit darunter gemengten gewöhnlichen Kartoffelstärkekörnern wurde auf dem Objektträger ausgebreitet und darauf Jodzinklösung, in der wenig Jod enthalten war, zugesetzt. Die gewöhnlichen Stärkekörner färbten sich intensiv braun, die ausgezogenen blieben farblos. Das Präparat wurde unbedeckt stehen ge-

lassen. Die braunen (gewöhnlichen) Körner quollen mehr oder weniger auf und wurden rothviolett bis blauviolett. Die farblosen (ausgezogenen) Körner wurden, meistens ohne aufzuquellen, immer undeutlicher und verschwanden zuletzt vollständig.

Der nämliche Versuch wurde ferner so angestellt, dass mit Jod gesättigtes Jodzink in Anwendung kam, und zugleich so variirt, dass auf einem andern Objektträger die gewöhnlichen und die ausgezogenen Stärkekörner in zwei Tropfen der gleichen Flüssigkeit getrennt waren. Beide Arten von Körnern färbten sich schwarzbraun. Die Präparate blieben unbedeckt stehen. Mit dem Verdunsten des Wassers und des Jod quollen die gewöhnlichen Stärkekörner auf und wurden violett. Die ausgezogenen dagegen lösten sich auf, dabei blätterten sie sich in der Regel zuerst etwas ab, darauf wurden die Conturen undeutlich, und schliesslich zerfloss das Korn, wie eine verschwindende braune oder violette Wolke. Durch Zusatz von Jod oder Jodzinkjod konnte keine zusammenhängende, ungelöste Substanz in der Flüssigkeit mehr nachgewiesen werden.

Eine kleine Partie des mit verdünnter Schwefelsäure ausgezogenen Kartoffelstärkemehls wurde in einem Uhrglas ausgewaschen, nach Wegnahme des Wassers mit Jodzinklösung, welche mit Jod gesättigt war, übergossen, dann unbedeckt stehen gelassen. Die schwarzbraunen Körner wurden auch hier mit dem Verdunsten des Wassers aufgelöst, indem sie mit brauner oder violetter Farbe zerflossen.

Ich habe unter den Mitteln, welche die Cellulose leichter lösen, als das Amylum, das Ferment der faulenden Kartoffeln nicht aufgeführt, indem ich die Ueberzeugung nicht aufgeben kann, dass die Zellmembranen bloss wegen der eingelagerten Proteinverbindungen schneller der Zersetzung und Auflösung verfallen (Stärkekörner pag. 194). Mohl

dagegen meint, ehe diese Erklärung für richtig anerkannt werden könnte, müsste sie „durch vergleichende Beobachtungen über die Wirkung dieses Fermentes auf gereinigte Cellulose und auf Stärkemehl erwiesen werden."

Darauf muss ich bemerken, dass nach meiner Ansicht Mohl sich im Irrthum befindet, wenn er den thatsächlichen Beweis mir zuzuschieben sucht. Es handelt sich um die Erklärung des Factums, dass in den faulenden Kartoffeln die Zellmembranen verschwinden und die Stärkekörner unverletzt bleiben. Ich erkläre dieses Factum aus einer für andere Fälle schon lange bekannten und allgemein anerkannten Ursache; ich befinde mich dabei in Uebereinstimmung mit Chemikern und Technikern, welche seit Jahren die Cellulose des Holzes dadurch zu schützen suchen, dass sie die eingelagerten Proteinsubstanzen entweder zerstören oder binden. Für die faulenden Kartoffeln wird nun eine andere Erklärung vorgeschlagen; es wird hier ein lösendes Princip angenommen, das bisher unbekannt war. Nun scheint mir doch, dass eher die Anhänger dieser Theorie für ihr Novum den factischen Beweis zu leisten hätten.

Ich kann mir übrigens nicht recht denken, wie Mohl einen Versuch ausführen will, der den Anforderungen der Kritik genügt. Eiweissartige Verbindungen lösen Cellulose und Stärke auf. Um zu ermitteln, welche der beiden Substanzen leichter gelöst werde, müssten beide im Zustande gleicher Reinheit, gleicher moleculärer Beschaffenheit (weil dadurch die Löslichkeit wesentlich bedingt wird) und gleicher mechanischer Vertheilung (weil die Proteinsubstanzen vorzugsweise die Oberflächen angreifen) sich befinden. Ich halte es für unmöglich, diesen Bedingungen praktisch zu genügen.

IV. Eine Bemerkung über die chemischen Verbindungen, welche die Zellmembranen und Stärkekörner zusammensetzen.

Ich habe schon Eingangs bemerkt, dass die Frage, ob die Zellmembranen aus der nämlichen oder aus mehreren Verbindungen bestehen, noch weit von einer Lösung entfernt ist. Wir können bloss soviel mit Bestimmtheit sagen, dass wenn es nur Eine Verbindung giebt, auch die Grundlage der Stärkekörner mit derselben identisch ist. Die Bemerkung, die hier zu machen ich mir erlaube, betrifft nur die Untersuchungsmethode.

Es ist eine charakteristische Eigenthümlichkeit der organisirten Substanzen, dass sie nicht nur fremdartige Stoffe in den verschiedensten Mengenverhältnissen und den mannigfaltigsten Combinationen eingelagert enthalten, sondern dass sie überdem meistens aus zwei oft isomeren Verbindungen bestehen, welche innig mit einander gemengt sind. So sind die Stärkekörner aus Granulose und Cellulose zusammengesetzt; eine ganz analoge Zusammensetzung haben, wie ich oben erwähnte, die Flechtenschläuche und die Zellwandungen in verschiedenen Saamen. Auch die Protein- und Farbcrystalloide lassen sich in zwei Stoffe von ungleicher Löslichkeit zerlegen. Einige Thatsachen lassen mich vermuthen, dass noch manche andere Zellmembranen sich ebenso verhalten, ja dass es vielleicht eine allen Membranen gemeinsame Eigenthümlichkeit ist.

Wenn diese Vermuthung gegründet ist, so kann die gewöhnliche mikro-chemische Untersuchung über die chemische Natur der die Zellmembranen zusammensetzenden Verbindungen lediglich keinen Aufschluss geben. Die Membranen müssen nicht bloss von den fremden Einlagerungen (Salzen etc.) gereinigt, sondern sie müssen auch in die verschiedenen isomeren Verbindungen zerlegt werden. Diess ist nun

nicht durch die gewöhnliche Behandlungsweise zu bewerkstelligen; da es sich um Verbindungen handelt, welche sehr wenig von einander verschieden sind, so kann die leichter lösliche nur durch die lange, viele Wochen und Monate dauernde, ja vielleicht Jahre erfordernde Einwirkung eines schwachen Lösungsmittels entfernt werden. Ueber den fortschreitenden Erfolg dieser Einwirkung kann bloss die mikroskopische Untersuchung Aufschluss geben; desswegen muss jedenfalls eine mikro-chemische Untersuchung vorausgehen und der schliesslichen chemischen Analyse das Material kritisch zurechtlegen.

Eine andere Frage, welche sich unmittelbar anknüpft, und welche die Beziehung der eine Membran oder ein Stärkekorn zusammensetzenden isomeren Verbindungen unter einander betrifft, muss ebenfalls auf mikroskopischem Wege gelöst werden. Es handelt sich darum, ob die genannten Verbindungen in genetischer Beziehung zu einander stehen, ob die eine aus der andern sich bilde und auf künstlichem oder natürlichem Wege wieder in sie übergehen könne. Diese Frage ist nicht nur an und für sich von Interesse, sie gewinnt an Wichtigkeit, weil sie auch ihrerseits zur Entscheidung des Problems beitragen kann, ob die Membranen und die Grundlage der Stärkekörner aus einer einzigen oder aus verschiedenen chemischen Verbindungen bestehen.

Wenn man die Entwickelungsgeschichte der Stärkekörner und gewisser Zellmembranen studirt und die verschiedenen Alterszustände mit einander vergleicht, so drängt sich oft der Gedanke auf, ob nicht von den beiden constituirenden Verbindungen die leichter lösliche in die festere übergehe. Wenn man ferner jene Gebilde mit verschiedenen Quellungsmitteln behandelt, so scheint es wieder, als ob die festere Verbindung in die leichter lösliche zurückgeführt werde. Offenbar steht die Lösung beider Fragen im eng-

[redacted]

sten Zusammenhang. Der Beantwortung der erstern stellen sich, wie überall, wo es sich um die Bildungsgeschichte chemischer Verbindungen in dem pflanzlichen Organismus handelt, fast unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Der zweiten lässt sich eher beikommen.

Ich bin früher der Annahme Schleiden's, dass die Cellulose durch Behandlung mit Schwefelsäure in Stärke, d. h. theilweise in Granulose übergehe, gefolgt. Mohl hat dagegen Einsprache erhoben (Bot. Zeit. 1859 p. 234). Es ist überflüssig, die daselbst vorgebrachten Einwürfe näher zu erörtern; ich würde meine frühere Ansicht aufrecht halten, wenn die Zellmembranen, nachdem sie die Einwirkung der Schwefelsäure erfahren haben, durch Jod und Wasser wirklich gebläut würden. Ich habe nun aber in einer früheren Mittheilung (Sitzung vom 16. Mai 1863) gezeigt, dass die Zellmembranen, mit Ausschluss der Flechtenschläuche, wenn sie durch Jod bei Anwesenheit irgend einer Verbindung, sei es Schwefel- oder Phosphorsäure, sei es Jodwasserstoffsäure oder eines Jodmetalls, blau gefärbt wurden, nach vollständigem Auswaschen auf die Einwirkung von wässriger oder frischer weingeistiger Jodlösung nicht mehr blau reagiren. Wenn ausnahmsweise auf einzelnen Präparaten stellenweise eine blassblaue Färbung zum Vorschein kam, so war dieselbe Folge davon, dass das Auswaschen unvollkommen stattgefunden hatte. Da nun bei mehreren dieser Versuche die Cellulose zum Theil aufgelöst und in Dextrin übergeführt worden, so hätte auch ein Theil in Granulose umgewandelt sein müssen, wenn diese ein Uebergangsprodukt wäre, und da die Anwesenheit einer geringen Menge Granulose durch eine intensive Bläuung sich kund giebt, so hätte diese Jodreaction dieselbe jedenfalls verrathen müssen. Ich glaube also sicher annehmen zu dürfen, dass die Cellulose der meisten Zellmembranen, wenn sie in Dextrin übergeht, vorher nicht eine Umwandlung in Granulose erfährt.

Ueberdem kann diese Frage nun als obsolet betrachtet werden. Seitdem es feststeht, dass die gewöhnlichen Zellmembranen durch Jod und Wasser sich nicht bläuen, und dass sie keine Granulose enthalten, fällt auch der Grund weg, warum man früher jene Umwandlung erwarten durfte. Es handelt sich jetzt darum, ob von den beiden constituirenden Verbindungen die festere in die leichter lösliche übergeführt werde. Bloss für die Stärkekörner und die Flechtenschläuche behält die Frage ihre frühere Fassung, ob nämlich die Celluloseformen, welche ihre Grundlage bilden, in die damit vermengten Granuloseformen übergeführt werden können oder nicht. Meine Beobachtungen reichen in dieser Beziehung nicht aus, und ich muss die Frage noch offen lassen. Wenn die durch Säuren ausgezogenen Kartoffelstärkekörner, welche durch Jod und Wasser keine oder nur eine gelbliche Farbe annehmen, durch Jod in Jodwasserstoffsäure intensiv blau gefärbt, darauf gut ausgewaschen und dann mit frischer Jodtinktur oder mit wässriger Jodlösung behandelt werden, so färben sie sich sogleich fleischroth oder orange und gehen theilweise bald in ein mattes Violett oder selbst in ein helles und mattes Blau über. Diess beweist, dass die Körner schon durch die Einwirkung der Jodwasserstoffsäure eine Veränderung erfahren; allein es bleibt eine doppelte Erklärung möglich. Diese Veränderung kann darin bestehen, dass ein Theil der Amylocellulose in Granulose übergeführt wird, oder auch darin, dass zurückgebliebene Granulosetheilchen, die von der Cellulose eingehüllt waren, durch die quellende oder lösende Wirkung des Jodzinks blossgelegt und dem Jod zugänglich werden.

Die ausgezogenen Kartoffelstärkekörner ertragen keine energischere Einwirkung. Wenn man sie mit Jod in Jodwasserstoffsäure oder bloss mit Jod eintrocknen lässt (wobei sich ebenfalls Jodwasserstoffsäure bildet) und dann mit Wasser befeuchtet, so zerfliessen sie meistens in eine blaue oder

[redacted]

violette Wolke. Das Nämliche geschieht, wenn man sie mit Jod und Schwefelsäure behandelt. Es lässt sich daher auf diesem Wege nicht ermitteln, ob eine Umwandlung der Amylocellulose in Granulose bewirkt werden könne oder nicht.

---

14. Ueber die chemische Verschiedenheit der Stärkekörner.

(Vorgetragen den 14. November 1863.)

Es ist schon längst bekannt, dass die verschiedenen Stärkemehlarten bei der Kleisterbildung sich ungleich verhalten. Diese Thatsache war unerklärlich, so lange man glaubte, die Amylumkörner bestehen alle aus dem nämlichen chemisch-reinen Stoff. Seitdem ihre Zusammensetzung aus zwei verschiedenen Verbindungen feststeht, ist auch die Möglichkeit für eine chemische oder richtiger für eine Substanzverschiedenheit gegeben. Denn es können die beiden Verbindungen in ungleichen Mengenverhältnissen und in ungleicher Zusammenordnung der kleinsten Theilchen sich mit einander combiniren.

Ich will heute vorzugsweise die Verschiedenheit der Kartoffel- und der Getreidestärke besprechen und einige Bemerkungen über die Differenz zwischen jüngern und ältern Körnern der gleichen Stärkemehlart beifügen.

*

Verschiedenheit der Kartoffel- und Weizenstärke.

Meine Untersuchungen mit Speichel hatten mich früher zu dem Schlusse geführt, dass die Weizenstärke verhältnissmässig beträchtlich mehr Granulose und weniger Cellulose enthalte, als die Kartoffelstärke. Ich fand nämlich, dass aus dem Weizenstärkemehl schon bei der Körperwärme die Granulose von Speichel ausgezogen wird, während bei gleicher Behandlung das Kartoffelstärkemehl vollkommen unverändert bleibt, sowie ferner, dass die Celluloserückstände des erstern viel geringer sind als die des letztern.

Diese Schlussfolgerung verlangte indess eine nochmalige Prüfung, da einige seitdem gemachte Beobachtungen damit im Widerspruche zu stehen schienen und da es sich ferner zeigte, dass der Speichel offenbar nicht bloss die Granulose, sondern zugleich auch einen Theil der Cellulose auflöst.

Was vorerst den zweiten Punkt betrifft, so beobachtet man nach Einwirkung des Speichels nicht selten Körner, an denen einzelne Partieen, selbst die Hälfte und mehr, ganz verschwunden sind. Es ist diess Folge einer etwas zu hohen Temperatur, beweist aber, dass der Speichel sammt der Granulose auch die Cellulose auflösen kann. Wäre nun die letztere in dem Stärkekorn überall von gleicher moleculärer Beschaffenheit und somit auch von gleicher Löslichkeit, so müsste es leicht sein, die Temperaturgrenze zu bestimmen, unter welcher die Cellulose dem Speichel widersteht. Allein die Cellulose hat in den verschiedenen Schichten und wahrscheinlich auch in den verschiedenen räumlichen Punkten der nämlichen Schicht eine sehr ungleiche Weichheit; und es bleibt daher immer zweifelhaft, ob und wie viel derselben von dem Speichel mitgelöst worden sei.

Diese Vermuthung wird durch die Versuche mit Sal[illegible] säure und Schwefelsäure bestätigt. Da diese Mittel bei g[illegible] wöhnlicher Temperatur angewendet werden, so ist es lei[illegible] ihre Wirksamkeit durch beliebige Verdünnung ganz g[illegible]

[redacted]

zu reguliren und so langsam, als es nothwendig ist, eintreten zu lassen. In der That sind die Celluloserückstände nach Behandlung mit Salzsäure viel beträchtlicher als nach der mit Speichel. Aus dem Lichtbrechungsvermögen hatte ich früher geschlossen, dass der Speichel ungefähr $^4/_5$ der Substanz von Kartoffelstärkekörnern ausziehe und $^1/_5$ zurücklasse. Die Salzsäure lässt wohl wenigstens ein Dritttheil als eine durch Jod und Wasser nicht mehr zu färbende Masse zurück.

Mit Berücksichtigung des eben Gesagten verlor der frühere Schluss auf die Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung der Weizen- und Kartoffelstärke seine zwingende Nothwendigkeit. Es wäre nämlich nicht unmöglich, dass das Weizenstärkekorn zwar eine geringere Menge Granulose enthielte, aber in der Art mit der Cellulose gemengt, dass jene bei Einwirkung des Speichels einen grossen Theil der letztern mit fort zöge, während in dem Kartoffelstärkekorn zwar eine grössere Menge Granulose sich befände, aber vermöge einer günstigen Anordnung durch den Speichel allein aufgelöst würde. Diese Zweifel wurden noch verstärkt durch die zwei andern Beobachtungen, erstlich die, dass die Kartoffelstärke durch Jod und Wasser einen reiner blauen Ton annimmt, und dass sie zweitens eine etwas stärkere Verwandtschaft zu Jod äusserst, als die Weizenstärke.

Ich habe schon bei einem frühern Vortrag darauf aufmerksam gemacht, dass die Weizenstärke, wenn sie ganz unter gleichen Umständen Jod aufnimmt, immer etwas mehr auf Violett oder Roth geht, als die Kartoffelstärke. Man überzeugt sich davon am leichtesten, wenn man Kartoffel- und Weizenstärkemehl auf dem gleichen Objektträger untereinander mengt, und dann in verschiedener Weise färbt und entfärbt. Da nun die Granulose der Grund ist, warum die Stärke mit Jod und Wasser eine blaue Farbe annimmt, so könnte man vermuthen, dass die Kartoffelstärke mehr Gra-

nulose enthalte, als die Weizenstärke, gleichwie die innere Masse eines Kartoffelstärkekorns sich reiner blau färbt, als die an Granulose ärmere Rinde.

Rücksichtlich der Verwandtschaft zu Jod besteht zwar nur eine sehr geringe Verschiedenheit zwischen Kartoffel- und Weizenstärke. Sie kann aber durch sorgfältige Versuche evident gemacht werden. Mischt man beide Stärkemehlarten und färbt dieselben äusserst langsam, so nehmen die Kartoffelstärkekörner das Jod immer etwas früher auf. Befindet sich das Präparat in einem Wassertropfen, so thut man am Besten, die Jodstückchen nur in die Nähe desselben zu bringen, und durch die Verdampfung wirken zu lassen. Man wird dann finden, dass von zwei Körnern, die unmittelbar nebeneinander liegen, das Kartoffelstärkekorn schon deutlich blau ist, ehe man an dem Weizenstärkekorn eine Färbung wahr nimmt, sowie dass jenes fortwährend intensiver gefärbt erscheint. Mit dieser Beobachtung stimmt der Versuch überein, dessen ich bei einer frühern Mittheilung (13. Dez. 1862) erwähnt habe. Wenn man nämlich durch Jod und Wasser gefärbtes Weizenstärkemehl mit Kartoffelstärkemehl und Wasser in einem verschlossenen Glase stehen lässt, so entzieht das letztere dem ersteren die grösste Menge des Jod. Das Kartoffelstärkemehl wird schwarzblau, das Weizenstärkemehl hell-violettblau. — Auch diese Thatsache könnte man versucht sein so zu deuten, dass das erstere mehr Granulose enthalte, als das letztere, gleichwie die mehr Granulose enthaltende innere Substanz eines Kartoffelstärkekorns zu Jod eine grössere Verwandtschaft hat, als die cellulosereichere Rinde.

Vergleichende Beobachtungen, die über das Quellungsvermögen des Kartoffel- und Weizenstärkemehls angestellt wurden, ergaben analoge Resultate. Wässerige Lösungen von Aetzkali, Schwefelsäure, Salzsäure oder Chlorzink wurden soweit verdünnt, dass die Stärkekörner in ihnen nicht aufquollen.

[redacted]

Dann wurden in einem auf dem Objektträger ausgebreiteten Tropfen die beiden Stärkemehlarten mit einander vermengt und das offene Präparat der Verdunstung überlassen. Mit der zunehmenden Concentration der Lösung fingen die Körner an vom Rande des Präparates aus aufzuquellen. Das Kartoffelstärkemehl eilte dabei immer etwas dem Weizenstärkemehl voraus, so dass von zwei nebeneinanderliegenden Körnern, die gleich oder ungleich gross waren, das Kartoffelstärkekorn schon ziemlich stark aufgequollen war, ehe man eine Veränderung an dem Weizenstärkekorn bemerkte. — Bei Anwendung von Kupferoxydammoniak wurde das umgekehrte Verhalten beobachtet. In diesem Lösungsmittel quoll zuerst das Weizenstärkekorn und etwas später das Kartoffelstärkekorn auf, wenn beide gleichzeitig von der Flüssigkeit erreicht wurden. — Auch diese Thatsachen liessen sich recht gut durch die Annahme erklären, dass das Weizenstärkemehl verhältnissmässig mehr Cellulose enthalte, als das Kartoffelstärkemehl.

Wichtig sind die Beobachtungen, betreffend die Veränderungen, welche die Stärkekörner in verdünnten Säuren während sehr langer Dauer erfahren. Kartoffel- und Weizenstärkemehl wurde gemengt und in verschlossenen Gläsern mit Salzsäure von verschiedenen Verdünnungsgraden angesetzt.

A. Ein Glas, in welchem wasserhaltige Salzsäure von 1,047 spez. Gewicht, also mit 9,7 Prozent Säuregehalt sich befand, gab nach 5 Wochen folgende Resultate.

Die Kartoffel- und Weizenstärkekörner zeigten sich unter dem Mikroskop wenig verändert. Wenn ein Tropfen der Flüssigkeit auf den Objektträger gebracht und einige Stückchen Jod darauf gelegt wurden, so färbten sich zuerst alle Weizenstärkekörner violett, indess die Kartoffelstärkekörner noch ganz farblos blieben. Erst nach einiger Zeit fingen diese an sich zu färben, und zwar wurden diejenigen, welche unmittelbar neben den Jodsplittern sich befanden, gelb, nach-

her röthlich braun, die nächstfolgenden wurden fleischfarben, dann braunroth-violett, die entfernteren alle blass-rosenroth, dann rothviolett. Eine beträchtlichere Jodeinlagerung machte alle Körner undurchsichtig und schwarz.

Wenig Jod in verdünnter Jodzinklösung färbte ebenfalls die Weizenstärkekörner violett, die Kartoffelstärkekörner gelb. Zusatz von metallischem Jod verwandelte das Violett der erstern in Schwarz, das Gelb der zweiten durch Gelbbraun in Schwarzbraun.

Wenn ich einen Tropfen der Flüssigkeit auf einem vertieften Objektträger stehen liess, so verschwanden in der concentrirter werdenden Salzsäure zuerst die Weizenstärkekörner. Noch sicherer wurde dieses Resultat erzielt, wenn der Flüssigkeit nur wenig Schwefelsäure zugesetzt wurde, so dass die Körner anfänglich noch unverändert blieben und erst beim Verdunsten des Wassers die Wirkung der Säure erfuhren. — Auch Chlorzinklösung löste, wenn der Versuch in gleicher Weise angestellt wurde, die Weizenstärkekörner etwas früher.

Das entgegengesetzte Resultat ergab aber Kupferoxydammoniak. Wenn ein Tropfen der Flüssigkeit auf dem Objektträger ausgebreitet, mit Fliesspapier abgetrocknet und zu dem mit einem Deckglas versehenen Präparat von der einen Seite Kupferoxydammoniak zugesetzt wurde, so beobachtete man, wie mit dem Fortschreiten des letzteren die Körner aufgelöst wurden; und dabei zeigte sich deutlich, dass von mehreren nebeneinander befindlichen Körnern immer die aus der Kartoffel zuerst und etwas nachher die aus dem Weizen verschwanden.

B. Ein anderes Glas mit Salzsäure von 1,059 spez. Gewicht (= 12,2 Proz. Salzsäure) gab, ebenfalls nach 5 Wochen, folgende Resultate. Wenn ein Tropfen auf dem Objektträger ausgebreitet und metallisches Jod daraufgelegt wurde, so färbten sich zuerst die Weizenstärkekörner violett.

[redacted]

Darauf begann langsam die Färbung der Kartoffelstärkekörner. Die in der Nähe des Jod befindlichen wurden zuerst blass-gelblichfleischfarben, dann intensiver fleischfarben, aber mehr in Rothorange spielend; erst ziemlich später färbte sich die innere Masse rothviolett. An den weiter von den Splittern entfernten Kartoffelstärkekörnern würde zuerst das Innere rothviolett; dasselbe war von einer farblosen, nachher von einer hellern Rinde umgeben. Bei längerer Einwirkung des Jod wurden die Weizen-, sowie die Kartoffelstärkekörner schwarz.

Ueberliess ich einen Tropfen der Flüssigkeit auf dem Objektträger der Verdunstung, so wurden in der concentrirter werdenden Säure weder die Weizenstärkekörner noch die Kartoffelstärkekörner gelöst, sondern beide trockneten ein.

Wurde das Stärkemehl aus der fraglichen Flüssigkeit mit verdünnter Schwefelsäure auf den Objektträger gebracht, so blieben sowohl die Weizen- als die Kartoffelstärkekörner in der durch die Verdunstung des Wassers concentrirter werden Säure ungelöst. Liess ich aber zu Präparaten in Salzsäure von dem einen Rande des Deckgläschens eine noch stärker concentrirte Schwefelsäure einwirken, so verschwanden in einer Gruppe beisammenliegender Körner immer zuerst die Weizenstärkekörner.

Wenn eine Probe des ausgezogenen Stärkemehlgemenges mittelst Wasser ausgewaschen und die Präparate dann mit verdünnter Chlorzinklösung der Verdunstung preisgegeben wurden, so verschwanden die Kartoffel- und die Weizenstärkekörner fast gleichzeitig; zuweilen schienen indess die erstern ...s länger zu widerstehen. Den gleichen Erfolg hatte der ...ch, wenn von dem Rande des Deckgläschens aus con...rte Chlorzinklösung allmählich sich über das Präparat ...itete.

...upferoxydammoniak löste ebenfalls die beiden Stärke...ten fast gleichzeitig, doch deutlich die Kartoffelstärke-

körner etwas früher, so dass von mehreren beisammen liegenden Körnern immer diejenigen des Weizenmehls dem langsam vorrückenden Lösungsmittel am längsten widerstanden.

C. Vier Wochen später verhielt sich das Stärkemehl in dem ersten Glas, in welchem sich Salzsäure von 1,047 spez. Gewicht befand, folgendermaassen. Wenn ein Tropfen der Flüssigkeit mit einigen Stückchen Jod auf den Objektträger gebracht wurde, so färbten sich rasch alle Weizenstärkekörner violett. Die Kartoffelstärkekörner erschienen anfänglich während einiger Zeit noch ganz farblos, dann nahmen die dem Jodstückchen zunächst liegenden langsam etwas Jod auf und wurden blassgelblich. Erst unmittelbar vor dem Eintrocknen des Präparats färbten sich die Kartoffelstärkekörner rothviolett.

Wurde ein Tropfen der Flüssigkeit auf dem Objektträger unbedeckt stehen gelassen, so lösten sich in der concentrirter werdenden Salzsäure keine Körner; ebensowenig, wenn dem Tropfen der Flüssigkeit vorher ein Tropfen sehr verdünnter Schwefelsäure beigemengt wurde. Liess ich aber etwas concentrirtere Schwefelsäure zutreten, so lösten sich in derselben die Weizenstärkekörner etwas früher, als die Kartoffelstärkekörner. In Kupferoxydammoniak dagegen verschwanden die letztern wenig früher, als die erstern.

D. Das zweite Glas mit Salzsäure von 1,059 spez. Gewicht gab zur nämlichen Zeit, also ebenfalls 4 Wochen nach der Beobachtung B. folgendes Resultat. Wurde ein Tropfen der Flüssigkeit mit metallischem Jod zusammengebracht, so färbten sich die meisten Weizenstärkekörner gar nicht mehr, einige wenige wurden blassviolett. Die den Jodstückchen zunächst liegenden Kartoffelstärkekörner wurden blassgelblich. Unmittelbar vor dem Eintrocknen nahmen die erstern einen violetten, die letztern einen rothvioletten Ton an. — In hinreichend concentrirter Schwefelsäure, ebenso in Kupferoxydammoniak, lösten sich beide Stärkemehlarten fast gleich-

zeitig; doch in beiden Mitteln die aus dem Weizen meist wenig früher, als die Körner der Kartoffel.

Es wurden noch verschiedene Versuche mit Weizen-, Gersten- und Kartoffelstärkemehl angestellt, welche die nämlichen Resultate ergaben, wie die eben angeführten, und wobei sich ferner zeigte, dass Weizen- und Gerstenstärkemehl sich vollkommen gleich verhalten. Ich erwähne noch eines dieser Versuche, um die Veränderungen in der Reaction auf Jod genauer darzulegen.

E. Ein Glas wurde mit Salzsäure von 1,05 spez. Gewicht (= 10,2 Proz. Salzsäure) angesetzt und in dasselbe Kartoffelstärkemehl und Weizenstärkemehl von ungefähr gleichem Gewicht gegeben. Von Zeit zu Zeit untersuchte ich die stattgehabte Einwirkung, indem ich einen Tropfen der Flüssigkeit auf den Objektträger brachte und einige Stückchen Jod darauf legte.

a. Beim Beginne des Versuches ergab sich die nämliche Färbung wie in Wasser. Die Kartoffelstärkekörner nehmen das Jod wenig früher auf, und lagern es mit indigoblauer Farbe ein, während die Weizenstärkekörner mehr violett werden.

b. Zwei Tage später. Die beiden Stärkemehlarten färben sich gleichzeitig; das Weizenstärkemehl wie anfänglich; das Kartoffelstärkemehl etwas weniger blau, als im unveränderten Zustande. Letzteres ist violett und blauviolett, theils ganz wie das Weizenstärkemehl, theils noch etwas blauer als dasselbe.

c. 3 Tage später. Das Weizenstärkemehl färbt sich merklich schneller und intensiver, als das Kartoffelstärkemehl. Ersteres wird violett, letzteres wird rothviolett.

d. 3 Tage später. Das Weizenstärkemehl wird violett, ehe das Kartoffelstärkemehl anfängt sich zu färben. Letzteres nimmt einen rothvioletten bis rothbraunen Ton an. Beobachtet man ein einzelnes Kartoffelstärkekorn, das in eini-

ger Entfernung von einem Jodstückchen sich befindet, so ist dasselbe zuerst blassblau; es wird, je mehr Jod es aufnimmt, immer violetter, dann rothviolett und zuletzt rothbraun.

e. 3 Tage später. Die Weizenstärkekörner haben schon eine intensiv violette Farbe angenommen, welche kaum verschieden ist von der Färbung im unveränderten Zustande, während die Kartoffelstärkekörner noch fast farblos erscheinen. Die letzteren werden dann blassblauviolett, darauf gehen sie durch Braunroth in Braunorange über.

f. 4 Tage später. Das Weizenstärkemehl ist intensiv violett, ehe das Kartoffelstärkemehl die geringste Farbe zeigt. Dieses nimmt dann zuerst einen hellrothvioletten Ton an, welcher später braunorange und fast braungelb wird. Lässt man das Präparat stehen, so geht das Braunorange unmittelbar vor dem Eintrocknen (wenn das Präparat bloss noch schwach angefeuchtet ist) in Violett über, welches bei vollständigem Eintrocknen etwas röther, bei Zusatz von Wasser aber deutlich blauer wird. Dieser Farbenwechsel rührt offenbar von der Bildung von Jodwasserstoffsäure her.

g. 10 Tage später. Das Weizenstärkemehl wird wie bei der letzten Beobachtung intensiv violett, ehe das Kartoffelstärkemehl die geringste Färbung erkennen lässt. Letzteres wird dann zuerst blass-fleischfarben, nachher hellbraun und fast braungelb. Nach dem Eintrocknen sind die Kartoffelstärkekörner violett. Nach dem Wiederbefeuchten mit Wasser werden sie blau; manche blättern sich ab und zerfliessen in eine verschwindende Wolke.

h. 15 Tage später. Verhalten wie bei der letzten Untersuchung; die Kartoffelstärkekörner färben sich langsam blassfleischfarben und später braungelb.

i. 20 Tage später, also 60 Tage nach dem Beginne des Versuches. Die Weizenstärkekörner färben sich intensiv violett, indess die Kartoffelstärkekörner vollkommen farblos bleiben. Von den letzteren sind, wenn dem Flüssigkeits-

tropfen eine hinreichende Menge Wasser beigefügt wird, selbst nach mehrstündiger Einwirkung nur diejenigen, welche sich in der nächsten Nähe der Jodsplitter befinden, braungelblich. Dieser blasse, braungelbliche Ton wird durch die Bildung von Jodwasserstoffsäure bedingt; er tritt um so früher ein, je mehr Jod und je weniger Flüssigkeit auf dem Objektträger sich befindet, und geht vor dem Eintrocknen durch Braunroth und Rothviolett in ein schönes Blauviolett über. Nach erfolgtem Eintrocknen ist die Farbe im Allgemeinen violett; ihre Nüance hängt von der Menge der gebildeten Jodwasserstoffsäure und davon ab, ob im Moment der Fixirung die Jodeinlagerung noch fortdauerte oder ob das eingelagerte Jod bereits zu entweichen begann. Nicht selten beobachtet man, dass der Ton der Kartoffelstärkekörner etwas blauer ist, als der des Weizenstärkemehls.

k. 30 Tage später, also nach 90-tägiger Versuchsdauer. In dem Verhalten des Kartoffelstärkemehls ist seit der letzten Beobachtung keine bemerkbare Aenderung eingetreten. Die violette Farbe, welche das Weizenstärkemehl annimmt, ist heller, schmutziger und geht mehr auf Roth als früher. Vor dem Eintrocknen des Präparats werden beide Arten von Stärkekörnern schön violett; nach dem Befeuchten des trocknen Präparates bleiben die Körner zuweilen ganz, nur dass sich manche Kartoffelstärkekörner etwas abblättern.

l. 45 Tage später, $4\frac{1}{2}$ Monate nach dem Anfange des Versuches. Das Weizenstärkemehl und das Kartoffelstärkemehl verhalten sich gegen Jod und Wasser ganz gleich. Nur die in der Nähe der Jodsplitter befindlichen Körner färben sich schwach braungelb, die übrigen bleiben farblos. Bei starker Abnahme der Flüssigkeit durch Verdunstung gehen alle durch Rothbraun in Blauviolett über. Hiebei beobachtet man aber, dass die Weizenstärkekörner diese Farbenreaction etwas früher zeigen. Man kann die Verschiedenheit auch durch Jodwasserstoffsäure oft sehr schön zur Anschauung

bringen. Eine starke Verdünnung derselben befähigt die Weizenstärkekörner durch Jod sich blauviolett zu färben, während die Kartoffelstärkekörner entweder überall blassrothbraun werden oder höchsteus in ihrem Innern einen schmutzigvioletten Ton annehmen.

Vergleichen wir alle mitgetheilten Thatsachen miteinander, so ergeben sich für die Verschiedenheit der Kartoffel- und Weizenstärkekörner, rücksichtlich ihrer Zusammensetzung folgende Schlüsse:

1) Rücksichtlich des Gehaltes an Imbibitionsflüssigkeit scheinen die Weizenstärkekörner schon im unveränderten Zustand aus einer etwas weichern Masse zu bestehen, als die Kartoffelstärkekörner. Diess geht ziemlich sicher aus dem verhältnissmässig geringern Randschatten der erstern hervor, wobei natürlich die Form der Körner in Anschlag zu bringen ist. — Während der Einwirkung der verdünnten Salzsäure auf die beiden Stärkemehlarten wird die Verschiedenheit in der Weichheit ihrer Substanz immer grösser. Die Weizenstärkekörner bestehen zuletzt ganz deutlich aus einer viel weichern Masse. Die Salzsäure zieht also in gleicher Zeit mehr Substanz aus dem Weizenstärkemehl aus, als aus dem Kartoffelstärkemehl.

2) Aus der eben festgestellten Thatsache, dass die Salzsäure dem Weizenstärkemehl mehr entzieht, sowie aus den oben mitgetheilten Beobachtungen (A, B, C, E), dass das Weizenstärkemehl nach gleich langer Einwirkung der Salzsäure doch noch eine grössere Verwandtschaft zu Jod hat, dasselbe früher aufnimmt, und mit violetter Farbe einlagert, während die Kartoffelstärkekörner zuletzt bloss noch blass gelblich oder gar nicht gefärbt werden, folgt ferner, dass die Weizenstärke mehr Granulose und weniger Cellulose enthält, als die Kartoffelstärke. Der Schluss, den ich früher aus der Einwirkung des Speichels gezogen, hat sich somit doch als richtig bestätigt.

[redacted]

3) Die grössere Weichheit der Substanz und der grössere Reichthum an Granulose erklären aber nicht alle Differenzen, welche das Weizenstärkemehl gegenüber dem Kartoffelstärkemehl auszeichnen. Namentlich bleiben die beiden Thatsachen unerklärt, auf die ich schon Eingangs aufmerksam machte, nämlich einerseits die mehr violette Färbung, welche die unveränderte Weizenstärke mit Jod und Wasser annimmt, anderseits das leichtere Aufquellen des unveränderten Kartoffelstärkemehls in Säuren und Alkalien und das langsamere Aufquellen desselben in Kupferoxydammoniak. Es gibt für die Lösung dieser Frage nur zwei Möglichkeiten, da die fremden Einlagerungen in den Stärkekörnern äusserst gering sind und keine bemerkbare Wirkung auf Färbung und Quellungsfähigkeit zu äussern vermögen: Entweder haben die Granulose und Cellulose in der Kartoffel- und Weizenstärke die nämlichen Eigenschaften; dann muss die moleculäre Zusammenordnung der zwei Verbindungen in den beiden Stärkemehlarten verschieden sein. Oder es weichen Granulose und Cellulose selber durch ungleiche chemische Beschaffenheit von einander ab.

Die letztere Annahme ist sogleich als unwahrscheinlich zu bezeichnen. Wenn die Granulose oder Cellulose oder gleichzeitig beide im Kartoffel- und Weizenstärkemehl verschieden wären, so müsste es überdem noch andere Granulose- und Celluloseformen in mehreren anderen Stärkemehlarten geben, weil dieselben sich weder wie die Kartoffel- noch wie die Weizenstärke verhalten. Ferner müssten in der Kartoffelstärke selber (und ebenso in der Weizenstärke) mehrere Formen von Granulose vorkommen, da die ersten Mengen, die man auszieht, in ihrer Löslichkeit und in ihrer Reaction auf Jod sich anders verhalten, als die später ausgezogenen; denn das Kartoffelstärkekorn färbt sich im unveränderten Zustande blau, und wenn es mit verdünnter Salzsäure ausgezogen wird, so nimmt es nach kürzerer Einwir-

kung violette, nach längerer braune und gelbe Färbung an. Ebenso wären in dem Kartoffelstärkemehl verschiedene Formen von Cellulose vereinigt, denn, nachdem die Granulose ausgezogen ist, färbt sich die innere Masse eines Korns durch Jod und geringe Mengen von Jodwasserstoffsäure schon blauviolett, während die äussere Substanz erst blassrothbraun ist. Es scheint, dass man sowohl rücksichtlich der Zusammensetzung der verschiedenen Stärkesorten, als des einzelnen Korns, zu zahlreichen oder vielmehr zu zahllosen und allmählichen Abstufungen der Granuloseformen, sowie der Celluloseformen geführt würde. Der allmähliche Uebergang ist aber unverträglich mit dem Begriff der chemischen Verschiedenheit, und deutet darauf hin, dass die Erklärung in der physikalischen Beschaffenheit, also in der moleculären Anordnung zu suchen sei.

Betreffend die Molecularconstitution der organisirten Substanzen verweise ich auf frühere Erörterungen in den „Stärkekörnern“ und in der Mittheilung in der Sitzung vom 8. März 1862. — Es handelt sich zunächst darum, ob von den die Doppelbrechung des Lichtes veranlassenden, im imbibirten Zustande durch Wasser getrennten crystallinischen Theilchen, welche ich mit dem Namen Molecüle bezeichnete, die einen bloss aus Granulose-, die andern aus Celluloseatomen zusammengesetzt seien, so dass die Verschiedenheit der Substanz bedingt würde durch die verschiedene Menge, Grösse und Anordnung der Granulose- und Cellulosemolecüle. Diese Annahme kann aber ebenfalls als unmöglich bezeichnet werden. Denn da die Molecüle ziemlich lose neben einander liegen, so dass z. B. die grössere oder geringere Spannung zwischen denselben unvermögend ist, auf die optischen Erscheinungen einzuwirken, und was besonders in's Gewicht fällt, da die Imbibitionsflüssigkeit, welche der Träger des lösenden, aufquellenden oder färbenden Princips ist, zwischen die Molecüle eindringt und jedes einzelne um-

[redacted]

spült, so lassen sich durch ungleiche räumliche Combination der letztern die bestehenden Verschiedenheiten der Stärkearten nicht erklären.

Die ungleiche Gruppirung von Granulose- und Cellulosemolecülen reicht nicht aus, um nachzuweisen, warum die granulosereichere Weizenstärke durch Jod weniger blau gefärbt, durch Säuren und Alkalien weniger leicht, dagegen durch Kupferoxydammoniak leichter zum Aufquellen gebracht wird, während die nämliche Weizenstärke der lösenden Wirkung des Speichelferments, sowie der verdünnten Schwefel- und Salzsäure weniger Widerstand entgegensetzt.

Wenn die räumliche Combination von zweierlei Molecülen nicht ausreicht, um die Eigenschaften des Stärkemehls zu begreifen, so muss die Verschiedenheit in den Molecülen selbst liegen. Diess ist dann der Fall, wenn die Substanz des einzelnen Molecüls aus Granulose- und Celluloseatomen in allen möglichen Verhältnissen der Zahl und der Anordnung gemischt ist. Es leuchtet ein, dass dadurch alle verschiedenen Erscheinungen der Stärke sich erklären lassen. Was die Jodreaction betrifft, so wird, während die Cellulose farblos bleibt, Granulose allein oder in einer gewissen Verbindung mit Cellulose sich bläuen. Doch kann dieselbe auch so mit der Cellulose vereinigt sein, dass Jod eine violette, braune oder gelbe Farbe hervorruft. Ebenso können die Löslichkeit und Quellungsfähigkeit wesentlich davon abhängen, wie die Cellulose- und Granuloseatome sich gegenseitig schützen oder preisgeben. In der Weizenstärke z. B. muss die grössere Menge Granulose von der Cellulose mehr eingehüllt und somit vor der Wirkung der Säuren und Alkalien bewahrt sein, in der Kartoffelstärke dagegen ist die geringere Menge von Granulose diesen Quellungs- und Lösungsmitteln leichter zugänglich. Dass der Speichel dem Kartoffelstärkemehl bei einer gewissen Temperatur (35—37 ° C.) nichts anzuhaben vermag, während er das Weizenstärkemehl

bis auf einen geringen Celluloserückstand löst, hat darin seinen Grund, dass derselbe nur nach Maassgabe, als er die Granulose löst, in die Stärkekörner einzudringen vermag, und dass die Körner des Kartoffelmehls durch die dichtere cellulosereiche Rinde besser geschützt sind, als die des Weizenmehls. — Je nach der Art der Zusammenlagerung wird die Granulose bald ziemlich rein von den Lösungsmitteln entzogen werden, bald wird sie eine grössere oder geringere Menge Cellulose mit sich ziehen.

Ich habe bis jetzt vorausgesetzt, dass die Granulose und Cellulose zwei verschiedene chemische Verbindungen seien. Diess ist nun allerdings nicht bewiesen, und es wäre möglich, dass sie, soweit es sich um die Stärkekörner handelt, nur die extremen Glieder einer durch physikalische Einflüsse bedingten ununterbrochenen Formenreihe der nämlichen chemischen Verbindung darstellten. Dann würden die Molecüle möglicherweise jedes aus einer homogenen Substanz bestehen, aber alle unter einander verschieden sein.

Es ist einleuchtend, dass die bekannten Erscheinungen auf die eine und andere Art ihre genügende Erklärung finden. Wenn ich mich an die erstere Annahme halte, so geschieht es nur desswegen, weil sie sich mehr an die gangbaren Vorstellungen anschliesst. Das Hauptgewicht liegt vorerst darin, dass abgesehen von der moleculären Beschaffenheit, welche die Imbibitionsfähigkeit und somit die Weichheit bedingt, in dem Stärkemehl noch Verschiedenheiten vorkommen, welche zeigen, dass die Substanz der Molecüle selber mannigfaltig variirt, sie mag diess nun einer verschiedenen Mischung zweier chemischer Stoffe oder der allmählichen physikalischen Veränderung des nämlichen Stoffes verdanken.

[redacted]

Verschiedenheit zwischen kleinen und grossen Körnern des gleichen Stärkemehls.

Ueber die Verschiedenheit zwischen jüngern und älteren Stärkekörnern, abgesehen von der Gestalt und Schichtung, ist soviel wie nichts bekannt. Ich will daher einige beiläufig beobachtete Thatsachen mittheilen, welche ein ungleiches Verhalten grosser und kleiner Körner des Kartoffel- und Weizenstärkemehls betreffen, da namentlich bei dem erstern, wie aus der Entwickelungsgeschichte der Kartoffel sich ergiebt, die kleinen Körner zugleich die jungen Zustände der grossen Körner sind.

Wenn man unverändertes Kartoffel- oder Weizenstärkemehl durch Jod färbt, so bemerkt man in der Regel keinen Unterschied rücksichtlich der Zeit und rücksichtlich der Farbe zwischen den verschiedenen Körnern, so dass es also scheinen möchte, als ob alle die gleiche Verwandtschaft zu Jod hätten. In einem Falle jedoch tritt eine Ungleichheit sehr deutlich zu Tage, wenn nämlich das Stärkemehl in einer sehr dickflüssigen Lösung sich befindet. Ich machte die Beobachtung bei concentrirter Dextrin- und Glycerinlösung. Wird ein Stückchen Jod auf das Präparat gelegt und dann letzteres mit einem Deckgläschen versehen, so breitet sich zuerst eine gelbe Färbung der Lösung um den Jodsplitter aus; einige Zeit nachher fangen die daselbst befindlichen Stärkekörner an, sich zu färben. In bestimmter Entfernung von dem Jod und darüber hinaus färben sich dagegen die Stärkekörner vor der Flüssigkeit, in der sie liegen. Unter den Stärkekörnern selbst nehmen zuerst die kleinsten das Jod auf, dann die mittelgrossen, zuletzt die grössten. Die letztern zeigen sich noch ganz farblos, während die unmittelbar daneben sich befindenden kleinen Körner bereits intensiv violett sind.

Die Differenz in der Zeit der Färbung zwischen grossen und kleinen Körnern ist um so grösser, je dickflüssiger die

Dextrin- und Glycerinlösung ist. Wenn concentrirtes Glycerin, welches die Erscheinung in ausgezeichneter Weise zeigt, mit gleichviel Wasser vermischt wird, so färben sich darin die grossen und kleinen Körner gleichzeitig.

Ferner eilen in der nämlichen Flüssigkeit die kleinen Körner in der Jodaufnahme den grössern um so mehr voraus, je näher sie einem Jodsplitter liegen. Lässt man das Präparat 16—24 Stunden stehen, so hat sich das gelöste Jod ziemlich weit um die Jodstückchen ausgebreitet und es wird nun gleichzeitig von allen Körnern aufgenommen; die nebeneinander liegenden grossen und kleinen Körner färben sich gleichmässig.

Diese ungleichzeitige Färbung konnte von zwei Ursachen abhängen. Entweder dringt die dickflüssige Glycerinlösung, welche der Träger des Jod ist, langsamer in die grossen, als in die kleinen Körner ein, oder die Jodtheilchen selbst haben durch die von Glycerin durchdrungene Masse eine ungleich schnelle Bewegung. Es giebt zwei Thatsachen, welche darüber hinreichenden Aufschluss geben.

Wenn man trockenes Kartoffelstärkemehl in concentrirte Glycerinlösung legt, so kann man an manchen Körnern das langsame Eindringen der letztern beobachten. Ein heller Ring scheidet die äussere durchdrungene, von der innern noch trockenen Substanz. Man sieht nun, dass in den kleinen Körnern das Glycerin im Allgemeinen schneller vorrückt, als in den grossen. Diese sind selbst nach mehreren Stunden noch nicht vollständig imbibirt.

Um zu erfahren, ob diess der alleinige Grund der ungleichzeitigen Färbung sei, wurde Kartoffel- und Weizenstärkemehl auf zwei Objektträgern in einen Tropfen concentrirtes Glycerin gelegt und 24 Stunden darin stehen gelassen, so dass alle Körner vollständig durchdrungen waren. Dann wurden Jodsplitter auf die Präparate gebracht. Beim Kartoffelstärkemehl zeigte sich nun kein Unterschied zwischen

[redacted]

den Körnern von verschiedener Grösse. Kleine und grosse unmittelbar nebeneinander und in gleicher Entfernung von der Jodquelle befindliche Körner färbten sich gleichzeitig und ihre Färbung war immer gleich intensiv. — Beim Weizenstärkemehl dagegen färbten sich im Allgemeinen die kleinen Körner etwas früher als die grossen; doch war die Verschiedenheit nicht bedeutend.

Die Ursache, warum in dichten Lösungen die grossen Stärkekörner sich später färben als die kleinen, liegt also, soweit es sich um Kartoffelstärkemehl handelt, bloss darin, dass diese Lösungen ungleich schnell in die Körner eindringen. Beim Weizenstärkemehl ist diess ebenfalls die wirksamste, wenn auch nicht die einzige Ursache, indem, wie es scheint, auch das Jod in die vollständig imbibirten Körner ungleich schnell eindringt.

Zu dem Vorstehenden ist noch Folgendes zu bemerken. Die Beobachtung giebt die Intensität der Färbung. Wenn ein grosses und ein kleines Korn gleich intensiv gefärbt sind, so können wir annehmen, dass die Oberflächeneinheit gleich viel Jod aufgenommen habe, wie eine mathematische Betrachtung sogleich zeigt. Die Intensität der Farbe hängt nämlich von der Menge des eingelagerten Jod und von der Grösse des Querschnittes (rechtwinklich auf die Richtung des durchgelassenen Lichtes) ab. Nehmen wir der Einfachheit wegen an, dass die Stärkekörner Kugelform besitzen, was auch für diejenigen der Kartoffel im Allgemeinen ziemlich zutrifft. Der Durchschnitt zweier Kugeln verhält sich wie $r^2 : R^2$, und da das gleiche Verhältniss für die Oberfläche gilt, so folgt, dass die Intensität der Färbung proportional ist der Jodmenge, welche Körner von verschiedener Grösse durch die Oberflächeneinheit aufgenommen haben. [1])

---

(1) Wenn man Stärkemehl, das mit Jod gesättigt ist, in Wasser oder in einer sehr dichten Lösung (Glycerin, Dextrin) sich entfärben

Aus den mitgetheilten Beobachtungen geht also als Thatsache hervor, dass die Substanz grosser Körner einer eindringenden dickflüssigen Substanz einen grössern Widerstand entgegensetzt, als diejenige kleiner Körner. Im Gegensatze hiezu steht die Differenz, welche die nämlichen Körner rücksichtlich anderer Quellungserscheinungen zeigen. Wenn man Präparate von Kartoffelstärkemehl oder Weizenstärkemehl mit verdünnten wässrigen Lösungen von Salzsäure, Schwefelsäure, Aetzkali, Chlorzink auf dem Objektträger unbedeckt stehen lässt, so werden die Lösungen durch Verdunsten des Wassers concentrirter und die Stärkekörner fangen an aufzuquellen. Man beobachtet dabei, dass von den nebeneinander liegenden Körnern die grössern die Quellungserscheinungen immer etwas, wenn auch nur wenig, früher zeigen, als die kleinen. Die gleiche Beobachtung macht man, wenn man das feuchte Stärkemehl vorsichtig und sehr langsam erwärmt.

---

lässt, so werden zuerst die kleinsten, dann die mittelgrossen und zuletzt die grössten Körner farblos. Daraus folgt aber nicht eine Verschiedenheit der Körner rücksichtlich der Jodabgabe. Bei vorausgesetzter Kugelgestalt ist (abgesehen von einer möglichen ungleichen Beschaffenheit der Substanz) die Menge des eingelagerten Jod proportional dem Volumen, also für 2 Körner von ungleicher Grösse den Werthen r^3 und R^3. Wenn die Oberflächeneinheit gleich viel Jod abgiebt, so verhalten sich die Verluste der beiden Körner wie r^2 zu R^2, und die Zeiten, welche sie zur Entfärbung nöthig haben, wie $r : R$.

Indessen hat es keinen Werth, genaue Beobachtungen über die Zeit anzustellen, in welcher sich grosse und kleine Körner entfärben, weil nicht nur der Widerstand, den die Rindenschicht dem Austritte des Jod entgegensetzt, sondern auch noch andere Verhältnisse darauf Einfluss haben. Erstlich hat die innere Substanz grosser und kleiner Körner nicht ganz die gleiche Verwandtschaft zu Jod. Zweitens vermindert sich für jedes Korn die Menge des Verlustes an Jod in der Zeiteinheit mit dem abnehmenden Gehalte, da die Kraft, mit der es festgehalten wird, wächst.

[redacted]

Anders verhält sich dagegen das Kupferoxydammoniak. In diesem Lösungsmittel quellen wenigstens die kleinen Körner des Weizenstärkemehls etwas, zwar auch nur wenig früher auf, als die grossen.

Das verschiedene Verhalten der kleinen und grossen, oder was das Nämliche ist, der jüngern und ältern Körner rücksichtlich der Durchdringungsfähigkeit und des Quellungsvermögens findet seine Erklärung in der Entwickelungsgeschichte des Stärkekorns, wie ich sie früher aus andern Erscheinungen nachgewiesen habe, und dient seinerseits als Bestätigung für diese Entwickelungsgeschichte. Die kleinen Körner bestehen aus einer ziemlich dichten Substanz. Das Wachsthum, welches ausschliesslich durch Intussusception geschieht, vermehrt fast allein die innere Substanz, welche dabei im Ganzen weicher wird. Die äusserste Rinde wächst kaum in die Dicke, wohl aber wird sie verdichtet. So ist also die innere Masse im ausgewachsenen Stärkekorn weicher und gegen Säuren, Alkalien und feuchte Wärme quellungsfähiger als im jungen; dagegen ist die Rinde des grossen Kornes fester und bietet demnach den eindringenden Substanzen auch einen grössern Widerstand dar.

Die innere Masse der grossen Körner ist nicht nur weicher, sondern auch reicher an Granulose, also ärmer an Cellulose, als die Substanz der kleinen Körner. Nur die dünne Rinde verhält sich umgekehrt, indem ihr relativer Cellulosegehalt mit dem Alter zunimmt. Da der überwiegende Theil das Verhalten des ganzen Korns bedingt, so werden die kleinen Körner durch Kupferoxydammoniak etwas rascher gelöst, als die grossen. — Auch das Verhalten der Körner, welche eine längere Einwirkung von verdünnter Salzsäure erfahren haben, spricht für den grössern Granulosegehalt der innern Masse. Wenn man das Präparat durch ein Stückchen Jod langsam färbt, so zeigen die grossen Körner die Reaction früher, als die kleinen. Jene sind in

einer Gruppe nebeneinander liegender Körner schon ziemlich intensiv gefärbt, indess diese noch vollkommen farblos erscheinen.

---

15. Ueber die ungleiche Vertheilung gelöster Stoffe in dem Wassertropfen eines mikroskopischen Präparates.

(Vorgetragen den 14. November 1863.)

Bei der Untersuchung über die Einwirkung des Jod auf das Stärkemehl zeigte sich in vielen Fällen, dass der Rand des unbedeckten Präparates eine andere Farbe annahm, als die übrige Fläche. Ich suchte die Ursache dieser Erscheinung in dem Umstande, dass bei der Verdunstung der Flüssigkeit eine Anhäufung der gelösten Stoffe an dem Rande statt finde und dass je nach der Natur dieser Stoffe bald eine Farbenänderung nach Blau, bald nach Gelb erfolge (siehe die Mittheilung in der Sitzung vom 14. Februar 1863).

Da diese Erscheinungen von allgemeinem Interesse für die mikroskopischen Beobachtungen sind, so habe ich einige Versuche angestellt, welche geeignet schienen, darzuthun, ob wirklich in dem Flüssigkeitstropfen, welcher auf dem Deckglas sich befindet, so beträchtliche Differenzen in der Concentration eintreten können, und wodurch dieselben bedingt werden. Die beobachteten Thatsachen sind folgende.

1. Breitet man auf einer Glasplatte einen Tropfen gesättigter Salzlösung ohne Deckglas aus (z. B. Bittersalz, Kochsalz, Jodkalium), so beginnt die Krystallisation am Umfange. An dem trocken gewordenen Präparat bildet dann das Salz entweder einen Wall von krystallinischer Substanz am Rande und einzelne Krystalle im Innern, oder einen Kreis grösserer Krystalle am Rande und kleinere Krystalle im Innern. Dasselbe nimmt immer von der Peripherie nach dem Centrum für die Flächeneinheit an Masse ab. Ist die

[redacted]

Salzlösung verdünnt, so bleibt das Verhältniss zwischen Umfang und übriger Fläche dasselbe, indem dort immer eine reichlichere Ablagerung von Krystallen statt hat.

Giebt man der Glasplatte, auf welcher sich der Tropfen Salzlösung befindet, eine geneigte Lage, so beginnt die Krystallisation am obern Rande und schreitet von da abwärts. Eine unterste Zone trocknet später gleichzeitig ein, indem sich an dem Umfange derselben ebenfalls eine etwas grössere Menge Salz ablagert.

2. Ein Tropfen Salzlösung (wie No. 1) wird auf dem Objektträger ausgebreitet und darüber ein in der Mitte mit einem Loch versehener Deckel gestürzt, (man kann sich des Deckels eines Pappkästchens bedienen, in welchem man eine runde Oeffnung ausgeschnitten hat), so dass das Loch über die Mitte des Präparates zu liegen kommt und die Flüssigkeit nirgends berührt wird. Wenn der Tropfen hinreichend gross ist und nur eine kleine mittlere Partie desselben unter der Oeffnung des Deckels sich befindet, so beginnt die Krystallisation an dieser Stelle. Nach einiger Zeit schiessen auch längs des Randes Krystalle an. Nach dem Eintrocknen hat man sowohl in der Mitte des Präparates, als an dessen Rande je eine grössere Anhäufung von Krystallen.

Für die beiden Versuche 1 u. 2 ist ein Salz, das in Würfeln krystallisirt, vorzüglicher, als ein solches, das in Nadeln anschiesst. Uebrigens hängt der Erfolg von der Grösse und Tiefe des Wassertropfens und bei der Bedeckung desselben noch ausserdem von dem guten Verschluss des Deckels, von seinem vertikalen Abstande und von der Grösse des Loches ab. Im Allgemeinen sind die folgenden Versuche viel besser geeignet, um die locale Anhäufung der Lösung darzuthun.

3. Breitet man einen Tropfen verdünnte Salzsäure, in welcher die Stärkekörner nicht aufquellen (deren specifisches Gewicht z. B. = 1,05), auf dem Objektträger aus und vermengt damit etwas Kartoffelstärkemehl, so beginnt nach ei-

niger Zeit das Aufquellen der Körner am Rande des Tropfens und schreitet nach dem Mittelpunkte hin fort. Man kann diesen Process unter dem Mikroskop Schritt für Schritt verfolgen, und man beobachtet alle Stadien des Aufquellens neben einander. Man sieht die Veränderung auch von blossem Auge, indem das körnige Präparat vom Umfange aus homogen und glatt wird.

Das nämliche Resultat wird erhalten, wenn man, statt Salzsäure, ein anderes Quellungsmittel z. B. Schwefelsäure oder Kalisösung von hinreichender Verdünnung anwendet.

4. Ist bei dem Versuch No. 3 der Objektträger wenig geneigt, so beginnt das Aufquellen der Stärkekörner an der höchsten Stelle des Randes, und setzt sich von da aus rechts und links längs desselben fort. Bei starker Neigung des Objektträgers quillt das Stärkemehl in der ganzen obern Hälfte des Präparats auf, während es in der untern noch unverändert bleibt.

5. Wenn man in dem Versuche No. 3 eine äusserst verdünnte Lösung von Aetzkali, Schwefelsäure oder Salzsäure anwendet, so trocknet das Präparat ein, wobei nur die längs des Randes befindlichen Stärkekörner aufquellen, alle übrigen aber unverändert bleiben.

6. Ein Tropfen verdünnter Salzsäure (wie No. 3) wird mit Kartoffelstärkekörnern auf den Objektträger gebracht und ein Deckglas darauf gelegt. Das Aufquellen beginnt rings am Rande des Deckglases und schreitet nach der Mitte fort. Der Process geht aber viel langsamer vor sich, als wenn das Präparat unbedeckt ist. Reicht die Flüssigkeit nur an einzelnen Stellen bis an den Rand des Deckglases, so fängt hier das Aufquellen an. Berührt sie nirgends den Rand, so zeigen sich die ersten Quellungserscheinungen gewöhnlich da, wo der Rand des Flüssigkeitstropfens die geringste Höhe hat.

Der weitere Verlauf ist unregelmässig und hängt von verschiedenen Verhältnissen ab (Abstand der Flüssigkeit vom

[redacted]

Rande des Deckglases, Höhe des Zwischenraumes zwischen den beiden Gläsern, Gestalt des Flüssigkeitstropfens und des Deckglases).

7. Ein Tropfen verdünnter Salzsäure wird mit Kartoffelstärkekörnern auf einer Glasplatte ohne Deckgläschen ausgebreitet, wie No. 3, und darüber ein in der Mitte durchlöcherter Deckel gestürzt, wie No. 2. Das Aufquellen der Stärkekörner beginnt in der Mitte des Präparates (mitten unter der Oeffnung) und schreitet von da nach Aussen. Etwas später hebt es auch am Rande an und setzt sich von da nach innen fort, so dass also vor vollständigem Aufquellen noch ein concentrischer Ring von nicht aufgequollenen Körnern zwischen der Peripherie und dem Centrum, aber näher der erstern, sichtbar ist.

8. Ist bei dem Versuch No. 7 die Säure äusserst verdünnt, so quellen nur Körner in der Mitte des Präparats unter der Oeffnung auf; auf dem ganzen übrigen Präparat trocknen sie ohne Quellungserscheinungen ein. Ist die Säure wenig concentrirter, so hat man in der Mitte eine grössere Stelle, wo das Stärkemehl sich in Kleister verwandelt, und rings am Umfange sind es nur einzelne Körner, die aufquellen.

9. Bringt man einen Tropfen Jodwasserstoffsäure, in in welcher etwas Jod gelöst ist, auf den Objektträger, giebt etwas Kartoffelstärkemehl hinein, und lässt dann das Präparat eintrocknen, so weichen die am Rande befindlichen Körner in doppelter Beziehung von den übrigen ab, sie werden einmal roth oder gelb und ferner quellen sie auf, indess die andern blau oder violett und ungequollen bleiben. Uebrigens sind die Erscheinungen sehr verschieden je nach der Concentration der Jodwasserstoffsäure, nach der Menge des daringelösten Jod und nach der Menge des hineingegebenen Stärkemehls. Es quellen im Allgemeinen um so mehr Körner auf, je concentrirter die Säure ist, und je weniger Jod in die Körner eingelagert wird. Daher erhält man z.

B. mit der gleichen Jodwasserstoffjodlösung nur einzelne aufgequollene Körner, wenn man weniger Stärkemehl, zahlreiche, wenn man mehr Stärkemehl anwendet; denn in dem letztern Falle vermag die geringe Jodeinlagerung, welche auf das einzelne Korn trifft, dasselbe nur unvollkommen zu schützen. Wenn im Verhältniss zum Jod wenig Stärkemehl auf dem Objektträger befindlich ist, so kann es geschehen, dass überhaupt keine Quellungserscheinungen eintreten, und dass die Körner am Rande bloss durch die Farbe von den übrigen abweichen. Ist aber das Jod verhältnissmässig sehr reichlich vorhanden, so können alle Körner so dunkel werden, dass man keinen Unterschied in der Farbe mehr wahrnimmt.

10. Wenn man in dem Versuche No. 9 die Jodwasserstoffsäure durch Jodzink ersetzt, so erhält man ein etwas anderes Resultat, weil in jenem Falle alle 3 Substanzen, (Wasser, Jod und Jodwasserstoffsäure) verdunsten, in diesem nur zwei (Wasser und Jod), während die dritte (Jodzink) zurückbleibt. Die Folge davon ist einmal, dass die Quellungserscheinungen am Rande des Präparates fast nie ausbleiben; diess geschieht nämlich nur dann, wenn die Jodzinklösung äusserst verdünnt ist. Ferner weicht die Färbung an den verschiedenen wirklich trocken gewordenen Stellen in der Regel nur wenig von einander ab. Endlich trocknet der Rand des Präparats, wo sich das Jodzink anhäuft, gewöhnlich nicht vollständig ein und die daselbst befindlichen aufgequollenen Stärkekörner nehmen eine violette Farbe an, während die innerhalb des Randes liegenden, nicht aufgequollenen, aber ausgetrockneten Körner braunorange sind.

Ist in der verdünnten Jodzinklösung nur wenig Jod enthalten, so sind nach einiger Zeit in dem noch feuchten Präparat die Stärkekörner längs des Randes orangefarben, die übrigen blauviolett. Später quellen die orangefarbenen Körner (alle oder nur die äussern) auf und werden violett, in-

[redacted]

dass die blauvioletten Körner eintrocknen und eine braunrothe oder braungelbe Farbe annehmen. — Enthält die Jodzinklösung so viel Jod, dass die Stärkekörner nicht alles einzulagern vermögen, so sammelt sich der Ueberschuss am Rande des Präparates an und färbt die Flüssigkeit daselbst braungelb, indess die letztere auf der übrigen Fläche neben den dunkeln Stärkekörnern farblos ist.

11. Fertigt man von Stärkemehl, das etwas zerrieben wurde, so dass manche Körner gespalten sind, ein unbedecktes Präparat in Wasser an und legt einige Jodstückchen darauf, so färbt sich ausser den Stärkekörnern auch der Rand der Flüssigkeit blau. Das gleiche Resultat erhält man, wenn man statt des Stärkemehls, Durchschnitte durch gewisse Zellgewebe (Samenlappen von Mucuna, Hymenaea, Albumen von Cyclamen etc.) mit einer verdünnten Lösung von Jodwasserstoffsäure, die etwas Jod enthält, auf den Objektträger bringt.

Aus den mitgetheilten Thatsachen ergibt sich folgende Erklärung. Wenn die Verdunstung an der freien Fläche eines flachen Flüssigkeitstropfens ungleich stark ist, so muss eine Strömung nach den Punkten der stärkeren Verdunstung eintreten, welche nach Umständen zuweilen theilweise durch den hydrostatischen Druck, immer aber und vorzugsweise durch capilläre Anziehung eine Zeit lang unterhalten wird. Durch diese Strömung und stärkere locale Verdunstung erfolgt eine Anhäufung der gelösten Substanzen an den betreffenden Stellen, da die Diffusionsströmung, welche in entgegengesetzter Richtung thätig ist, viel langsamer wirkt.

Wenn der Flüssigkeitstropfen auf einer horizontalen Glastafel nicht bedeckt ist, so ist wegen seiner Form die Verdunstung am Rande für die Einheit der Grundfläche grösser, als in der Mitte. Wäre sie aber auch überall gleich gross, so müsste sie dennoch eine Strömung von der Mitte nach dem Umfange zur Folge haben, weil hier durch die Verminderung der Flüssigkeit fortwährend das Gleichgewicht

zwischen Adhäsion und Cohäsion gestört wird. Die Form des Randes entspricht nämlich genau der Capillaranziehung zwischen Objectträger und Flüssigkeit. Sowie nun die Verdunstung den Querschnitt desselben verändert, so wird er durch nachströmendes Wasser sogleich wieder hergestellt.

Befindet sich der unbedeckte Flüssigkeitstropfen auf einer geneigten Glasplatte, so wird durch die Verdunstung an der obern Seite, wo der Rand der Flüssigkeit flacher ist, das capilläre Gleichgewicht stärker beeinträchtigt, als unten, und es ist daher die Strömung nach dem obern Rande stärker. Ist die Glasplatte stark geneigt, so kann die Strömung nach dem obern Rande so sehr überwiegen, dass dort allein die Folgen der grössern Concentration der Lösung sichtbar werden.

Wenn der Flüssigkeitstropfen zwischen zwei Glastafeln eingeschlossen ist, so kann die Verdunstung selbstverständlich nur an seinem Rande erfolgen, und es muss daher, solange die beiden Gläser sich einander nähern können, eine Strömung von der Mitte nach dem Rande zu stattfinden. Verdunstung und Strömung sind aber viel langsamer als an einem unbedeckten Tropfen, und desswegen kann die Diffusion viel eher eine Ausgleichung der durch jene hervorgerufenen ungleichen Concentration der Lösung herbeiführen.

Geht der Flüssigkeitstropfen bis an den Rand des Deckglases, so ist die Verdunstung immerhin so energisch, dass hier die Folgen einer höhern Concentration sichtbar werden. Berührt die Flüssigkeit nirgends den Rand des Deckglases, so haben auf die Verdunstung, auf die dadurch bewirkte Strömung und auf die aus beiden hervorgehende ungleiche Concentration der Lösung offenbar verschiedene Verhältnisse Einfluss. Dazu gehört die Gestalt des Tropfens, seine Mächtigkeit in jedem Punkt, die Entfernung der einzelnen Stellen seines Randes von dem Rande des Deckglases, der Abstand zwischen den beiden Gläsern auf den verschiedenen

[redacted]

Seiten des Tropfens, der Umstand, ob dieselben überall oder stellenweise sich noch nähern können oder nicht, wenn die zwischenliegende Flüssigkeit sich vermindert. Es ist demnach begreiflich, dass die Vertheilung der ungleichen Concentration sehr mannigfaltig sein muss und dass sie für jeden einzelnen Fall sich etwas anders gestaltet.

Es ist kaum nöthig darauf hinzuweisen, dass die Beschaffenheit der ungleichen Concentration, abgesehen von den äussern Bedingungen des Präparats, wesentlich auch von der Natur der Flüssigkeit und der darin gelösten Stoffe abhängt. Im Vorstehenden wurde, was auch der gewöhnliche Fall ist, immer vorausgesetzt, dass in einer leichter verdunstenden Flüssigkeit (Wasser) entweder eine schwerer verdunstende oder eine fixe Substanz gelöst sei. Dann kann an den Stellen der stärkern Verdunstung eine Zunahme der Concentration erfolgen, entweder bis die lösende Flüssigkeit und die gelöste Substanz in gleichem Maasse sich verflüchtigen, wie diess mit Wasser und Salzsäure oder mit Wasser und Jodwasserstoffsäure der Fall ist, oder bis der gelöste Stoff heraus krystallisirt, wie diess bei Salzen geschieht, oder bis die nicht verdunstungsfähige, gelöste Verbindung die verminderte Menge der lösenden Flüssigkeit mit einer Kraft zurückhält, welche ihrer Neigung zur Verdunstung das Gleichgewicht hält, wie diess mit Wasser und Schwefelsäure oder mit Wasser und Jodzink eintritt.

Die besprochenen Thatsachen sind für die mikroskopischen Beobachtungen in dreifacher Beziehung von Wichtigkeit.

1. Dienen sie dazu, ungleiche Veränderungen zu erklären, die an verschiedenen Stellen des nämlichen Präparates eintreten.

2. Erlauben sie eine Veränderung wiederholt auf dem nämlichen Präparat und in beliebiger Langsamkeit eintreten zu lassen, und dabei Differenzen zur Anschauung zu bringen, welche sonst übersehen werden.

3. Machen sie es möglich die geringsten Mengen einer gelösten Substanz, die sonst auf keine Weise nachgewiesen werden können, wahrzunehmen.

Was den ersten Punkt anbelangt, so trifft der Mikroskopiker, welcher mit Lösungs-, mit Quellungs- oder mit Färbungsmitteln arbeitet, zuweilen auf ganz räthselhafte Erscheinungen. An einzelnen Stellen seines Präparates findet Lösung statt, an andern nicht; — an einzelnen Stellen quellen die Objekte auf, an andern nicht; oder es ist dort das Aufquellen stärker als hier; — an einzelnen Stellen tritt Färbung ein, an andern nicht; oder die erzeugte Farbe ist verschieden: — obgleich in allen diesen Fällen nach der Sorgfalt, mit der das Präparat angefertigt wurde, ein gleiches Verhalten an allen Punkten desselben erwartet werden durfte. Namentlich zeigt sich häufig eine Verschiedenheit zwischen dem Rande und der innerhalb des Randes befindlichen Fläche. Ein Paar Beispiele wurden von mir in den Mittheilungen über die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen angeführt. Ich habe bei den betreffenden Untersuchungen Präparate gehabt, die durch ungleiches Aufquellen und durch die verschiedensten Farben sich auszeichneten, und die erst verständlich wurden, als die Versuche erwiesen, wie ungleich während der Verdunstung die Concentration der Beobachtungsflüssigkeit an verschiedenen Stellen werden kann.

Was den zweiten Punkt betrifft, so liegt es zwar sehr nahe, einen Lösungs-, Quellungs- oder Färbungsprocess dadurch herbeizuführen, dass man unter dem Mikroskop eine Lösung durch Verdunstung concentrirter werden lässt. Allein diese Methode gewinnt erst ihre volle Bedeutung, wenn man den Process, indem man seinen lokalen Verlauf zum Voraus kennt, nach Belieben verfolgen und alle Stadien der Veränderung nicht nur nacheinander, sondern auch nebeneinander beobachten kann.

Ich will ein Beispiel anführen. Für die Kenntniss der

[redacted]

Stärkekörner ist das Studium ihrer Quellungserscheinungen von Wichtigkeit. Dasselbe lässt sich auf verschiedene Weise anstellen. Man kann ein Präparat von unverändertem Stärkemehl in Wasser etwas über der Weingeistflamme erhitzen. Wenn man gehörig verfährt, so wird man wegen der ungleichen Einwirkung der Wärme alle möglichen Zustände von den ganz unveränderten bis zu den vollständig aufgequollenen beisammen haben. Man kann ferner einem Präparat in Wasser Schwefelsäure oder Aetzkali zusetzen und wahrnehmen, wie bei dem Fortschreiten der Säure oder des Kali Korn für Korn aufquillt. Noch mehr empfiehlt sich aber das Verfahren, das sich auf die mitgetheilten Versuche stützt, Stärkemehl in sehr verdünnter Säure oder Aetzkalilösung auf den Objektträger zu bringen. Man weiss, wo das Aufquellen beginnen muss und wohin seine fortschreitende Einwirkung sich wenden wird; man kann ferner, je nach der Lösung, die man anwendet, je nachdem man das Präparat bedeckt oder nicht, und namentlich bei bedecktem Präparat je nach der beobachteten Stelle, den Aufquellungsprocess nach Belieben äusserst langsam oder weniger langsam eintreten lassen. Man hat somit den Vortheil, fortwährend Körner, die im Aufquellen begriffen sind, beobachten und alle Stadien des Processes an nebeneinander liegenden Körnern vergleichen zu können.

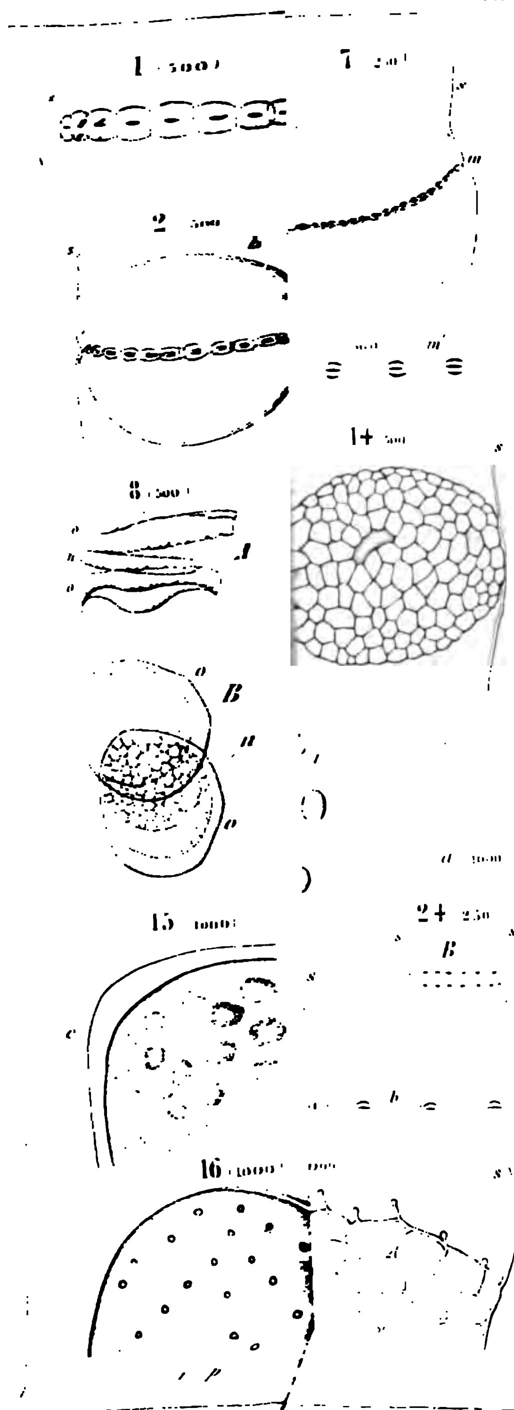
Aehnlich, wie mit den Beobachtungen über das Aufquellen, verhält es sich auch mit denjenigen über Lösung und Färbung, überhaupt mit der Untersuchung von Processen, welche durch eine vermehrte Concentration der Beobachtungsflüssigkeit bedingt werden.

Besonders aber empfiehlt sich die besprochene Methode, wo es sich darum handelt, äusserst geringe Verschiedenheiten der Objekte zur Anschauung zu bringen. Die Kartoffelstärkekörner weichen von den Weizenstärkekörnern in der Verwandtschaft zu Jod, in Quellungs- und Lösungsfähigkeit ab; sie zeigen dieses abweichende Verhalten jedoch bloss dann, wenn die Concentration der Flüssigkeit eine unmerkliche Zu-

nahme erfährt. Diese unmerkliche Zunahme lässt sich aber auf praktischem Wege am besten herstellen, wenn durch ungleiche Verdunstung der gelöste Stoff sich an bestimmten Stellen des Präparats langsam anhäuft.

Was endlich den dritten Punkt, die Auffindung von Substanzen, die in äusserst geringen Mengen vorkommen, betrifft, so dürfte hierin die Thatsache, dass der gelöste Stoff in einem flach ausgebreiteten Wassertropfen sich ungleich vertheilt, ihre grösste Bedeutung erlangen. Es ist oft von Wichtigkeit zu wissen, ob in dem mikroskopischen Präparat, das man untersucht, gewisse lösliche Verbindungen enthalten sind. Wenn dieselben durch eine bestimmte Reaction kenntlich, aber nur in Spuren vorhanden sind, so wird man diese Spuren vermittelst des Mikroskops längs des Randes des unbedeckten Tropfens auffinden. Der leicht zu übersehende Umstand, z. B. dass an der Peripherie eines Stärkemehlpräparats einzelne Körner mit Quellungserscheinungen sich befinden, beweist die Anwesenheit einer äusserst geringen Menge von Säuren oder Alkalien.

Durch dieses Mittel wurde es mir möglich nachzuweisen, dass kaltes Wasser entweder für sich oder mit einem geringen Zusatz von Jodwasserstoffsäure oder Jodzink einen kleinen Theil der Flechtenschläuche, sowie auch der Membranen in den Saamenlappen von Hymenaea, Mucuna und im Saameneiweiss von Cyclamen auflöst. Ich habe die betreffenden Beobachtungen in der Mittheilung vom 16. Mai 1863 angeführt. Es ist mir selbst gelungen, aus zerriebener Baumwolle eine geringe Menge Cellulose durch verdünnte Jodwasserstoffsäure oder durch Jodzinklösung auszuziehen. Zusatz von Jod färbte den Rand des Präparats an einzelnen Stellen in gleicher Weise, wie die Baumwollfäden selbst; die gefärbte Zone am Rande war aber äusserst schmal und nur mit etwa 200-maliger linearer Vergrösserung deutlich zu sehen.

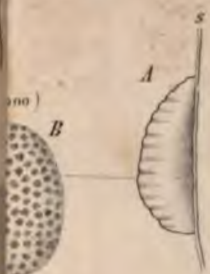


Taf. I
1
7
2
8
14
15
24
16


A
s
g
30 (250)
s
g


37 (500)
s

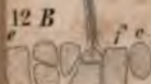

29 (500)
s
s
a


s
A
B


42 (500)
s
b
p
p
c
s


1 (200)


7 (150)
f b h i
k g d
c e
a

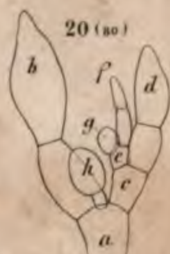

12 B
e f c


(130)
h
d
b


13 (200)
a
c
b


8 (100)
d b f h g e c a


(300)
d g b c a d


20 (80)
b f d g c h c a

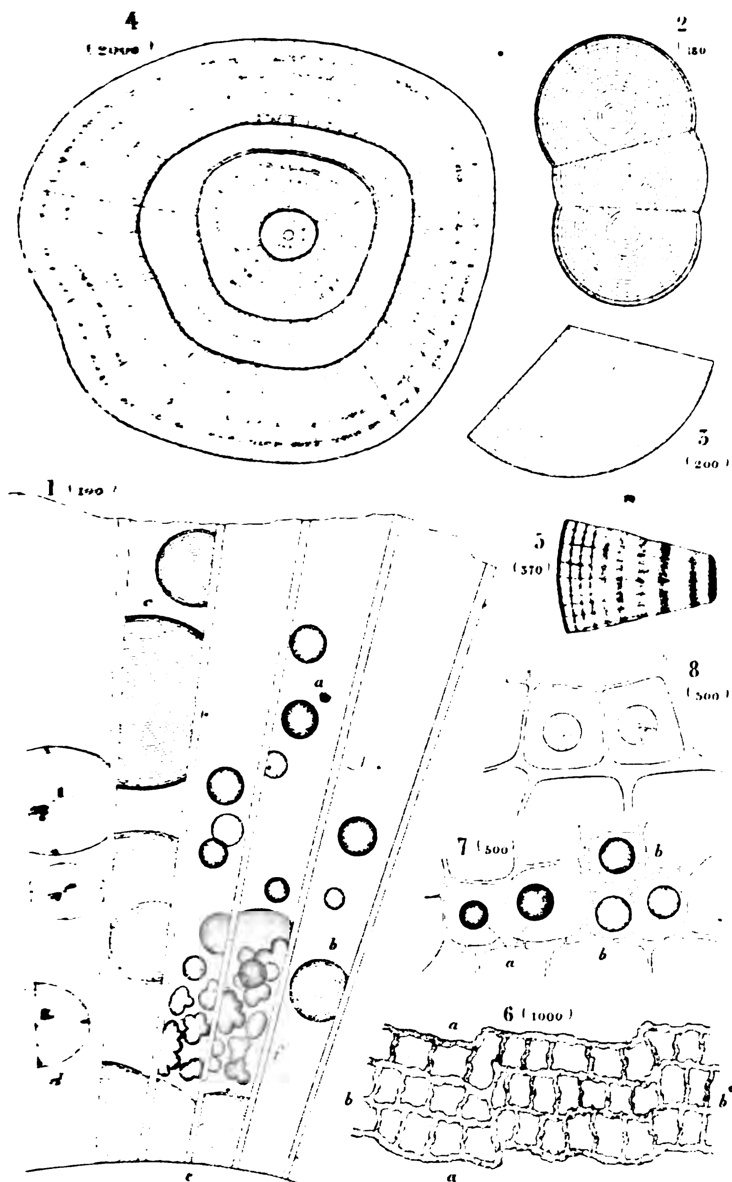

21 (250)

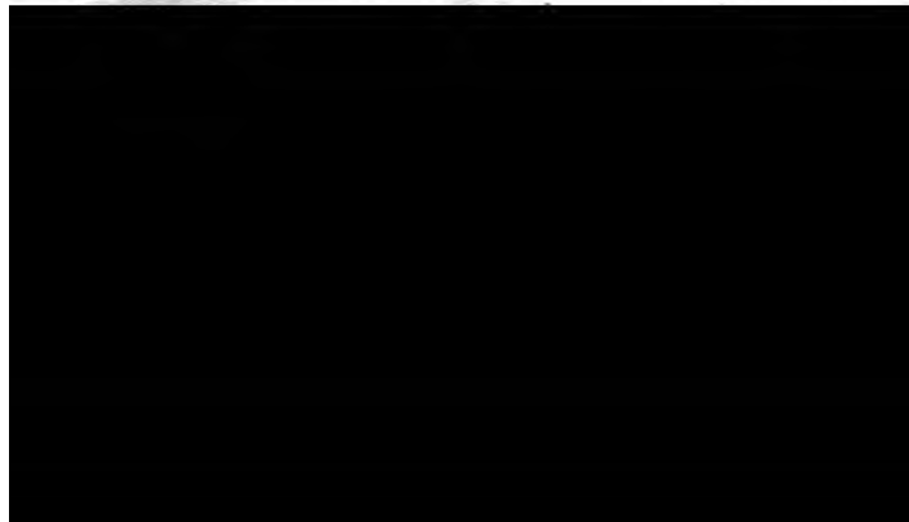

29 (300)
f i d h
g
c a


24 (350)

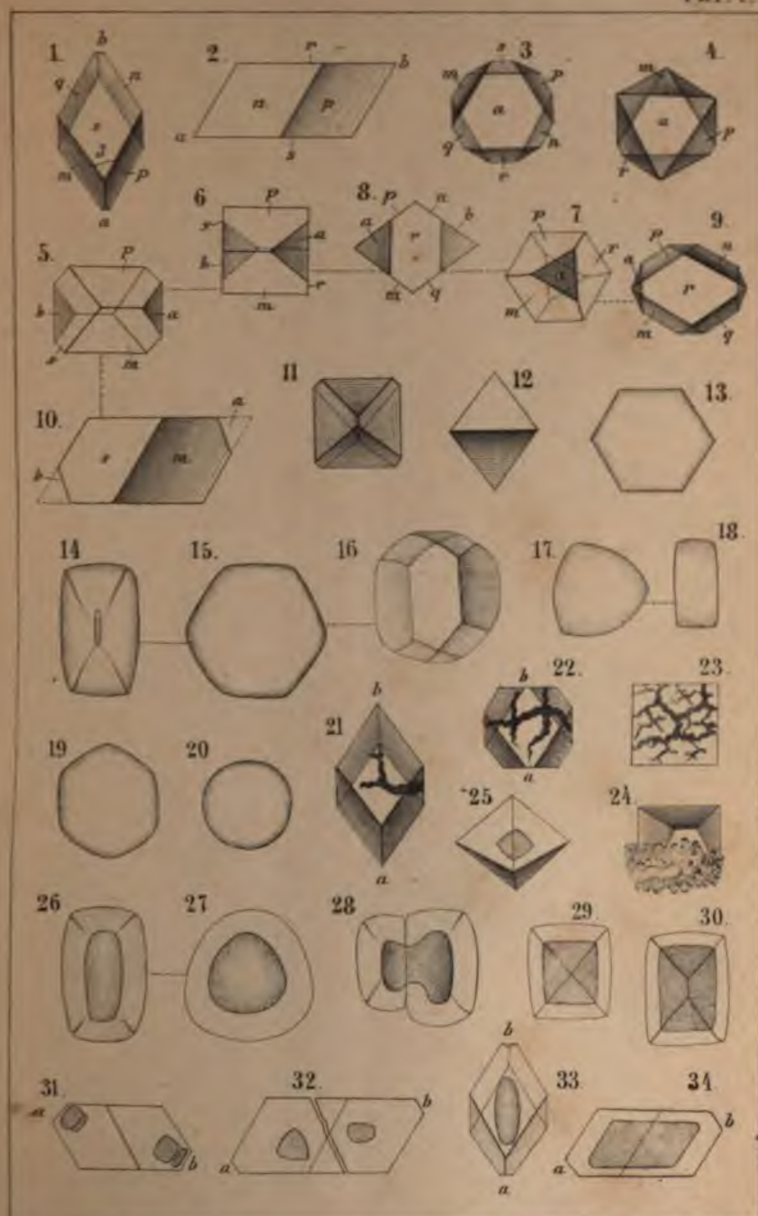

22 (250)


23 (250)

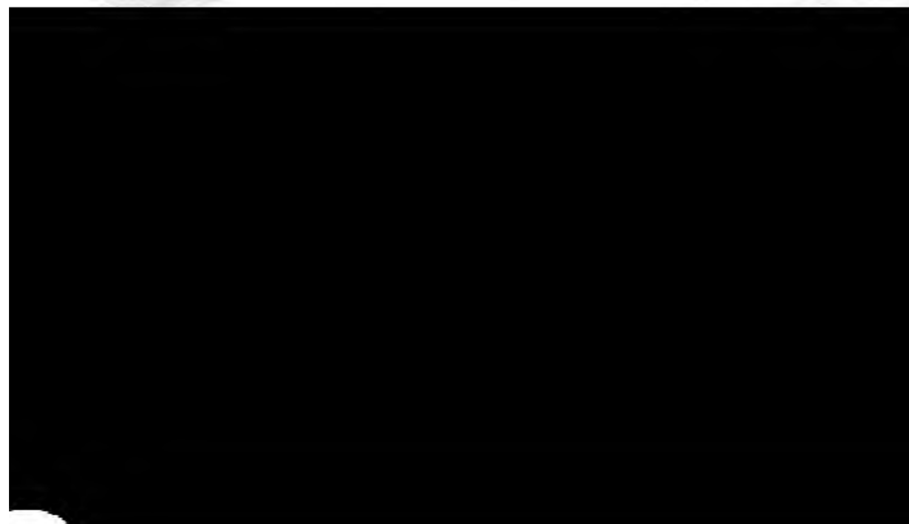

4
(2000)
2
(180)
3
(200)
1 (190)
5
(370)
8
(500)
7 (500)
6 (1000)
a
b
c
d

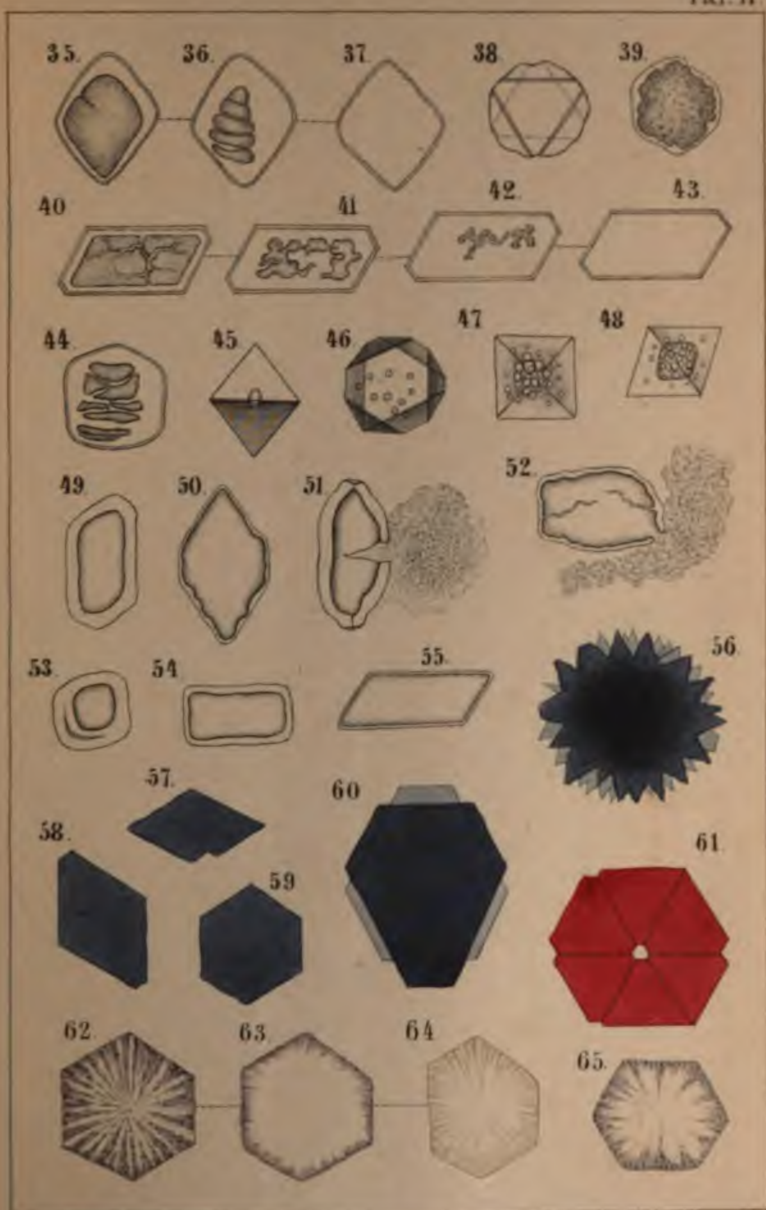


Taf. I.



1.
2.
3
4.
5.
6
8.
7
9.
10.
11
12
13.
14
15.
16
17.
18.
19
20
21
22.
23.
24.
25
26
27
28
29.
30.
31.
32.
33.
34




35.
36.
37.
38.
39.
40
41
42.
43.
44.
45.
46.
47
48
49.
50.
51.
52.
53.
54.
55.
56.
57.
58.
59
60
61.
62.
63.
64
65.

[redacted]

Botanische Mittheilungen

von

Carl Nägeli.

II. Band.

Mit 7 Tafeln.

(Aus den Sitzungsberichten der k. b. Akademie der Wissenschaften in München.)

München

Druck von F. Straub.

1866.

[redacted]

Inhaltsverzeichniss.

[redacted]

16. Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembranen.

(Taf. I, II).

(Vorgetragen den 7. Mai 1864.)

Es ist schon lange bekannt, dass die pflanzlichen Zellmembranen nicht bloss geschichtet sind, sondern dass sie, auch von der Fläche angesehen, eine zarte Zeichnung zeigen, unabhängig von der gröbern Zeichnung, welche Folge ungleicher Verdickung ist und in Form von Fasern und Poren auftritt. Die ersten genauen und sichern Angaben hierüber rühren von Mohl her (Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz 1836). Derselbe beobachtete an den Wandungen vorzüglich von Bastzellen eine netzförmige Structur und leitete dieselbe von spiralförmig gewundenen, steil aufsteigenden Fasern her, welche in den verschiedenen Membranschichten sich kreuzten und daher die Fläche der Zelle in rhombenförmige Felder zu theilen schienen.

Valentin machte gleichzeitig ähnliche Beobachtungen, glaubte aber irrthümlicher Weise, dass die spiralförmigen Fasern an einer Zelle in gleicher Richtung verlaufen und dass die Kreuzung derselben von dem Durchscheinen der hintern Zellwand herrühre und daher wie bei den eigentlichen Spiralfasern nur scheinbar sei (Valentin's Repertorium für Anat. und Physiol. I, 88). Derselbe fand ferner, dass nicht die äusserste Schicht der Membran (die sog. ursprüngliche Membran), sondern nur die übrigen Schichten (die sog. Verdickungs- oder Verholzungsschichten) die spiral-

gen Streifen erkennen lassen; und es sollten dieselben aus Körnchen hervorgehen, welche auf der innern Fläche der Membran sich anlagern, zuerst ohne bestimmte Anordnung, bald aber reihenförmig geordnet erscheinen und schliesslich in die Fasern übergehen.

Zu der nämlichen Zeit beschäftigte sich auch Meyen mit der spiraligen Zeichnung der Zellenmembranen, veröffentlichte seine Untersuchungen aber etwas später (Pflanzenphysiologie 1837, I, 18, 45, 108). Durch Vermengung von wirklichen Spiralfaserzellen, welche sehr feine und enggewundene Spiralfasern besitzen, mit den spiralförmig gestreiften Membranen wurde derselbe zu dem Ausspruche veranlasst, die Schichten der Zellwandung, auch die äusserste nicht ausgenommen, bestehen aus trennbaren Fasern.

Fortan tritt nun die Frage, ob die Membranen aus sogenannten Primitivfasern zusammengesetzt seien, in den Vordergrund. Mohl widmete ihr eine Abhandlung (über den Bau der vegetabilischen Zellmembran 1837) und verneinte sie. Indem er die Irrthümer Meyen's nachwies, legte er besonderes Gewicht auf die beiden Thatsachen, erstlich, dass bei den Bastzellen der Apocyneen die Fasern häufig einen netzförmigen Verlauf haben, und dass die Lücken zwischen denselben mit einer glatten Membran ausgefüllt seien, ferner dass die jugendlichen Zellhäute immer homogen erscheinen und erst später gestreift werden; die Faserung oder Streifung im einen und andern Fall erklärte er durch ungleiche Verdickung der Membranschichten.

Für die Zusammensetzung der Zellmembranen aus Primitivfasern trat hinwieder J. Agardh in die Schranken (De cellula vegetabili fibrillis tenuissimis contexta 1852). Er untersuchte ausschliesslich einige grosszellige Meeralgen und glaubte hier aufs deutlichste die Selbstständigkeit der Fibrillen erweisen zu können, welche gleichsam wie in der

Leinwand mit einander verwoben und gekreuzt seien und nicht nur von einer Membranschicht in die andere, sondern auch von einer Zelle in die andere übertreten. Diese Fibrillen werden durch eine Gallerte bedeckt und vereinigt und lassen sich nur selten vollkommen von einander trennen.

Dagegen erwiederte Mohl (Bot. Zeit. 1853 p. 753), dass der Uebergang einer Faser aus einer Membranschicht in die andere an den von Agardh untersuchten Pflanzen nicht zu beobachten sei, dass im Gegentheil die Selbstständigkeit der Schichten hier besonders deutlich und lehrreich entgegentrete. Die einzelnen Schichten seien aber mit sehr feinen, parallellaufenden, einander sehr genäherten Linien besetzt, welche sich ungefähr unter einem rechten Winkel kreuzen und welche in der gleichen Fläche zu liegen scheinen. Eine Trennung dieser Streifen oder Fäserchen lasse sich weder durch mechanische noch durch chemische Mittel vollziehen; diess gelte auch von den Spiralstreifen der Bastzellen, welche entweder in gleicher Richtung verlaufen oder gleichzeitig rechts und links gewundene Spiralen darstellen, wobei es unentschieden gelassen wurde, ob die sich kreuzenden Linien der nämlichen oder verschiedenen Membranschichten angehören. Ebenso lässt es Mohl schliesslich unentschieden, ob die Membran aus Elementarfasern von bestimmter Form und Organisation zusammengesetzt, oder ob jene Streifen nur die Andeutung einer ungleichförmigen, nach der Richtung einer Spirale geordneten Anordnung der Molecüle seien.

Durch eine Reihe von Untersuchungen an den verschiedenen pflanzlichen Geweben wollte H. Crüger (Bot. Zeit. 1854 p. 57 und 833) nachweisen, dass die Schichten aus nebeneinander liegenden und leicht trennbaren Primitivfasern bestehen. Beobachtung und Urtheil lassen aber allzusehr den Mangel an Critik fühlen. Mit der Streifung

wird nicht nur die Faltung der Membranen, sondern selbst die Schichtung vielfach verwechselt. Die Angaben betreffend das zweite Liniensystem, welches auf den Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen sich mit den aufsteigenden Spiralstreifen kreuzt und eine netzförmige Zeichnung hervorbringt, werden missverstanden und dasselbe für eine auf Interferenz beruhende optische Täuschung erklärt. Die Messungen, welche Crüger über die Zunahme der Zellendurchmesser und die Richtungsänderungen der Streifen bei der Quellung anstellte, entscheiden nicht, wie er meinte, über die Existenz der Primitivfasern, sondern nur über deren Imbibitionsfähigkeit; sie geben übrigens, wenn die Rechnung richtig ausgeführt wird, das entgegengesetzte Resultat von dem, das der Verfasser ableitet, indem sie nämlich eine beträchtliche Wasseraufnahme in der Längsrichtung der Streifen darthun.

Crüger ging noch weiter und wollte die Primitivfasern der Zellmembranen mit den Protoplasmaströmchen des Inhaltes in Verbindung bringen (Bot. Zeit. 1855 p. 601). Es ist überflüssig, auf diese Phantasie einzutreten, da jeder, der die Strömchen des Inhaltes und die Streifen der Membran beobachtet hat, ihre Verschiedenheit mit Bezug auf die Grösseverhältnisse, die Anordnung und die Richtung kennt.

Rücksichtlich der thatsächlichen Beobachtungen stellt sich Schacht (Beiträge zur Anat. und Physiol. der Gewächse 1854 p. 221) auf Seite Agardh's, indem er angiebt, dass in vielen Fällen die Membranschichten durch chemische und mechanische Mittel sich zerfasern lassen. Er bestreitet aber, dass dieselben desswegen aus Fasern beständen, behauptet vielmehr, dass die faserähnlichen Streifen nichts anderes als verdickte Stellen der Membranschichten seien, wenn ich anders den Sinn richtig auffasse; denn im Verlaufe der Abhandlung wird dann die

Verdickung mit Verdichtung und schliesslich selbst die ungleiche Verdichtung der verschiedenen Membranstellen mit der in verschiedenen Richtungen ungleichen optischen Dichtigkeit, welche die Polarisationserscheinungen bewirkt, vermengt.

Wigand (Ueber die feinste Structur der vegetabilischen Zellenmembranen, in den Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg 1856) folgte im Allgemeinen der Darstellung Mohl's. Ueberdem hält er dafür, dass die sich kreuzenden Streifen verschiedenen Membranschichten angehören und leitet die Streifung in den einen Fällen von einer Faltung oder wellenförmigen Biegung der Membran, in den anderen Fällen von einer chemischen Differenz des Zellstoffes ab.

Ich habe mich veranlasst gesehen, das Resultat meiner eigenen Untersuchungen bereits bei einer früheren Gelegenheit kurz darzulegen. Hier will ich, einlässlicher darauf eingehend, zunächst einige allgemeine Fragen behandeln und dann das Verhalten der verschiedenen Zellenformen erörtern.

Die erste und wichtigste Frage ist die, wodurch das feingestreifte Aussehen der Membranen veranlasst werde. Es giebt drei mögliche Ursachen, die auch alle bereits in Anspruch genommen wurden: 1) wellenförmige Biegung, 2) ungleiche Dicke, 3) ungleiche Substanz der Schichten. Vorerst sind natürlich alle diejenigen Fälle auszuschliessen, wo ein gefasertes Aussehen durch zarte Falten bewirkt wird, welche sich in Folge der mechanischen Behandlung (Zerren mit Nadeln etc.) an den dünnen Membranen bilden. Es ist das Verdienst Mohl's in diesem Umstande eine Quelle des Irrthums nachgewiesen zu haben.

Dass auch die wirkliche Streifung ganz oder zum Theil auf einer wellenförmigen Biegung beruhe, wurde von Wigand für Conferva Melagonium, Polysiphonia com-

planata, Halurus equisetifolius und für Bastzellen angenommen. Es scheint mir aber, dass er in dieser Beziehung nicht genau genug beobachtet und nicht scharf genug unterschieden habe.

Wellenförmige Biegung oder Fältelung lässt sich nämlich an sehr vielen Zellen beobachten; und sie kann als gewöhnliche Erscheinung betrachtet werden an weichen gallertartigen Membranen (Algen), welche getrocknet waren und wieder aufgeweicht werden oder die in Weingeist und andern Mitteln aufbewahrt wurden, sowie an festern Membranen (Bastzellen, Holzfasern), welche durch ein quellendes Medium aufgelockert werden. Da die Menge der abgegebenen oder aufgenommenen Imbibitionsflüssigkeit nicht in allen Schichten die nämliche ist, so erfolgt natürlich eine Fältelung einzelner Schichten oder Schichtencomplexe. Man kann dieselbe bald auf dem Querschnitt, bald auf dem Längsschnitt, bald auch auf beiden sehen.

Eine gleiche Fältelung sieht man zuweilen auch an Präparaten, die frisch von einem lebenden Pflanzentheil angefertigt werden (z. B. an den Epidermiszellen von Blättern). Ich lasse es unentschieden, ob diese Erscheinung wirklich der lebenden Zelle angehöre und eine Folge ungleichen Wachsthums der verschiedenen Membrantheile sei, oder ob sie erst durch die Präparation hervorgebracht werde. Letzteres wäre insofern möglich, als, wie ich an einem andern Ort gezeigt habe, lebende Zellmembranen, welche durchschnitten werden, eine beträchtliche Menge von Imbibitionsflüssigkeit aufnehmen.

Alle diese Fältelungen erscheinen, wenn man die Membran von der Fläche betrachtet, als parallele Streifungen. Neben diesen Faltungsstreifen kommen aber noch andere vor, die ich wegen ihrer später zu erörternden Natur als Dichtigkeitsstreifen bezeichnen will. Die Faltungsstreifen sind im Allgemeinen breiter (1½—5mal so breit), stärker

und viel unregelmässiger als die Dichtigkeitsstreifen, welche letztere sich durch ihre Zartheit und Gleichmässigkeit auszeichnen. Oft werden die letzteren durch die erstern ganz verdeckt oder undeutlich gemacht, so dass man sie nur bei längerem und genauem Zusehen erkennt. Dass beide aber von einander unabhängige und selbstständige Bildungen sind, ergiebt sich klar aus dem Umstande, dass man sie sowohl auf der Flächen- als auf der Durchschnittsansicht neben einander sieht, und dass die Dichtigkeitsstreifen gerade da am deutlichsten sind, wo die Faltungsstreifen durchaus mangeln [1]).

Nachdem die Dichtigkeitsstreifen als eine Eigenthümlichkeit der ungefalteten Membranschicht nachgewiesen sind, handelt es sich ferner um die Frage, welchem Umstande

---

1) Bei Untersuchungen über die Streifung der Zellwände giebt es noch andere Erscheinungen, welche den Beobachter zu täuschen suchen, die aber bei einiger Aufmerksamkeit leicht erkannt werden. Auf den Durchschnitten erscheinen einmal gewöhnlich Streifen, die von der ausgezackten Messerklinge herrühren. Sie sind oft sehr deutlich, bald in gleichen, bald in ungleichen Abständen abwechselnd hell und dunkel. Sie geben sich leicht dadurch zu erkennen, dass sie über den ganzen Schnitt parallel verlaufen.

Auf Durchschnitten durch hornartige Gewebe bilden sich ausserdem zarte Risse. Dieselben sind streifenartig, abwechselnd hell und dunkel, etwas hin und hergebogen, oft verzweigt. Sie werden durch die Messerstreifen unterbrochen und bilden mit diesen spitze Winkel. Eine mit solchen Rissen besetzte Fläche des hornartigen Albumens erscheint oft wie wellig-gestreiftes Papier.

Die eigentlichen Messerstreifen und die Rissstreifen werden um so eher vermieden, je besser das Messer polirt ist. Beide unterscheiden sich, ausser ihrer constanten Richtung, namentlich auch dadurch, dass sie sich nur an der Oberfläche des nicht zu dünnen Schnittes befinden, während die eigentlichen, durch die innere Structur bewirkten Streifen sich durch die ganze Dicke des Schnittes verfolgen lassen und in ihrer Richtung von der Membranfläche abhängig sind.

dieselben ihre Sichtbarkeit verdanken. Es wurden verschiedene Ursachen, jedoch ohne weitere Begründung, als erklärende Hypothese angenommen, bald eine ungleichförmige Anordnung der Molecüle, bald eine chemische Verschiedenheit, bald eine ungleichmässige Verdickung nach Art der Spiralfaserzellen, bald eine wirkliche Zusammensetzung aus Fasern. Diese Möglichkeiten gehören zwei Kategorien an: entweder wechseln in der Membranschicht bei gleicher Dicke Substanzen von ungleichem Lichtbrechungsvermögen, oder bei gleichem Lichtbrechungsvermögen der Substanz Stellen von ungleicher Mächtigkeit; es können auch beide Verhältnisse zusammenwirken.

Die Entscheidung dieser Frage durch direkte Beobachtung stösst bei der ausserordentlichen Zartheit der Streifen auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Doch giebt es, wie mir scheint, einige Thatsachen und einige Berücksichtigungen, welche eine Beantwortung mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit erlauben. Zuerst bemerke ich, dass, wie schon von verschiedenen Beobachtern hervorgehoben wurde, die Streifen nicht etwa bloss an der Oberfläche der Membran, sondern in deren ganzer Dicke vorkommen, ferner dass, wie ich später zeigen werde, dieselben in den verschiedenen Lamellen einer Wandung sich genau entsprechen. Wenn nun die Streifen Folge ungleicher Verdickung wären, so müssten, weil die verdickten Stellen einerseits, die verdünnten anderseits auf einander treffen, leere Lücken zwischen den Membranschichten sich finden. Diese Lücken wären im befeuchteten Zustande mit Flüssigkeit, im trockenen mit Luft gefüllt, und es müssten daher im letzteren die Streifen viel deutlicher hervortreten; denn in der trockenen Membran würden sie durch den Gegensatz von Substanz und Luft, in der befeuchteten durch den Gegensatz von Substanz (die überdem mit Wasser imbibirt ist) und Wasser sichtbar. Es ist nun aber gerade das Umgekehrte der Fall; beim Ein-

trocknen verschwinden die Dichtigkeitsstreifen mehr oder weniger, während die Faltungsstreifen in der Regel deutlicher werden. — Abgesehen hievon trifft die Annahme eines solchen inneren Baues der Membran noch auf mehrfache Schwierigkeiten bei der Erklärung der Erscheinungen, welche das Aufquellen, das Austrocknen und das Wachsthum der Membran darbieten. Ich kann auf diese Erörterungen hier nicht eintreten, und bemerke nur, dass in allen diesen Beziehungen die Membranen sich ganz analog den Stärkekörnern verhalten.

Wir werden demnach auf die andere Erklärung geführt, dass nämlich die Streifung durch Substanzen von ungleichem Lichtbrechungsvermögen hervorgebracht werde. Es kann sich hier offenbar weder bloss um eine verschiedene Anordnung der Molecüle, noch um chemische Verschiedenheit handeln, sondern lediglich oder vorzugsweise um verschiedene Dichtigkeit, d. h. um verschiedene Mengen des eingelagerten Wassers, denn nur dadurch sind die bedeutenden optischen Differenzen erklärbar. Somit ergiebt sich eine genaue Analogie zwischen Streifung und Schichtung; wie die Schichten einer Membran im befeuchteten Zustande alternirend dicht und weich sind, so bestehen die Streifen einer Schicht abwechselnd aus wasserarmer und wasserreicher Substanz. In der That verhält sich die Streifung in verschiedener Beziehung wie die Schichtung. Wie diese beim Eintrocknen ganz oder grösstentheils verschwindet, so wird auch jene in der Regel viel undeutlicher; dass sie oft in geringem Grade sichtbar bleibt, wird gerade durch die Vertheilung des Wassers in der frischen Membran bedingt, wie ich später zeigen werde. Wie die Schichtung, so wird an festen Membranen auch die Streifung erst durch quellende Mittel bemerkbar. Wie endlich die Schichten an stark aufquellenden Membranen wieder unsichtbar werden, so verschwinden auch die Streifen.

dieselben ihre Sichtbarkeit verdanken. Es wurden verschiedene Ursachen, jedoch ohne weitere Begründung, als erklärende Hypothese angenommen, bald eine ungleichförmige Anordnung der Molecüle, bald eine chemische Verschiedenheit, bald eine ungleichmässige Verdickung nach Art der Spiralfaserzellen, bald eine wirkliche Zusammensetzung aus Fasern. Diese Möglichkeiten gehören zwei Kategorien an: entweder wechseln in der Membranschicht bei gleicher Dicke Substanzen von ungleichem Lichtbrechungsvermögen, oder bei gleichem Lichtbrechungsvermögen der Substanz Stellen von ungleicher Mächtigkeit; es können auch beide Verhältnisse zusammenwirken.

Die Entscheidung dieser Frage durch direkte Beobachtung stösst bei der ausserordentlichen Zartheit der Streifen auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Doch giebt es, wie mir scheint, einige Thatsachen und einige Berücksichtigungen, welche eine Beantwortung mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit erlauben. Zuerst bemerke ich, dass, wie schon von verschiedenen Beobachtern hervorgehoben wurde, die Streifen nicht etwa bloss an der Oberfläche der Membran, sondern in deren ganzer Dicke vorkommen, ferner dass, wie ich später zeigen werde, dieselben in den verschiedenen Lamellen einer Wandung sich genau entsprechen. Wenn nun die Streifen Folge ungleicher Verdickung wären, so müssten, weil die verdickten Stellen einerseits, die verdünnten anderseits auf einander treffen, leere Lücken zwischen den Membranschichten sich finden. Diese Lücken wären im befeuchteten Zustande mit Flüssigkeit, im trockenen mit Luft gefüllt, und es müssten daher im letzteren die Streifen viel deutlicher hervortreten; denn in der trockenen Membran würden sie durch den Gegensatz von Substanz und Luft, in der befeuchteten durch den Gegensatz von Substanz (die überdem mit Wasser imbibirt ist) und Wasser sichtbar. Es ist nun aber gerade das Umgekehrte der Fall; beim Ein-

trocknen verschwinden die Dichtigkeitsstreifen mehr oder weniger, während die Faltungsstreifen in der Regel deutlicher werden. — Abgesehen hievon trifft die Annahme eines solchen inneren Baues der Membran noch auf mehrfache Schwierigkeiten bei der Erklärung der Erscheinungen, welche das Aufquellen, das Austrocknen und das Wachsthum der Membran darbieten. Ich kann auf diese Erörterungen hier nicht eintreten, und bemerke nur, dass in allen diesen Beziehungen die Membranen sich ganz analog den Stärkekörnern verhalten.

Wir werden demnach auf die andere Erklärung geführt, dass nämlich die Streifung durch Substanzen von ungleichem Lichtbrechungsvermögen hervorgebracht werde. Es kann sich hier offenbar weder bloss um eine verschiedene Anordnung der Molecüle, noch um chemische Verschiedenheit handeln, sondern lediglich oder vorzugsweise um verschiedene Dichtigkeit, d. h. um verschiedene Mengen des eingelagerten Wassers, denn nur dadurch sind die bedeutenden optischen Differenzen erklärbar. Somit ergiebt sich eine genaue Analogie zwischen Streifung und Schichtung; wie die Schichten einer Membran im befeuchteten Zustande alternirend dicht und weich sind, so bestehen die Streifen einer Schicht abwechselnd aus wasserarmer und wasserreicher Substanz. In der That verhält sich die Streifung in verschiedener Beziehung wie die Schichtung. Wie diese beim Eintrocknen ganz oder grösstentheils verschwindet, so wird auch jene in der Regel viel undeutlicher; dass sie oft in geringem Grade sichtbar bleibt, wird gerade durch die Vertheilung des Wassers in der frischen Membran bedingt, wie ich später zeigen werde. Wie die Schichtung, so wird an festen Membranen auch die Streifung erst durch quellende Mittel bemerkbar. Wie endlich die Schichten an stark aufquellenden Membranen wieder unsichtbar werden, so verschwinden auch die Streifen.

Rücksichtlich der Anordnung der Streifen ist zuerst festzustellen, dass sie in allen Lamellen einer Membran einander entsprechen. Wenn sie daher auf Durchschnitten der Zellwandung sichtbar sind, so stellen sie sich ebenfalls als ununterbrochene Streifen von alternirend dichter und weicher Substanz dar. Der dichte Streifen des Durchschnittes wird durch wasserärmere Stellen aller Schichten, der weiche Streifen durch wasserreichere Stellen gebildet. Ist die Structur besonders deutlich und unterscheidet man an den einzelnen Schichten der durchschnittenen Membran die alternirenden Stellen von ungleichem Wassergehalt als helle und dunkle Punkte, so erkennt man auch direkt, dass in zwei benachbarten Schichten einerseits die hellen Punkte, anderseits die dunkeln opponirt sind. -- Die Streifen, welche der Durchschnitt der Zellmembranen zeigt, sind übrigens meistens gerade, zuweilen jedoch gebogen; es hängt diess mit dem Verlauf und der Verdickung der Schichten zusammen.

Eine schon mehrfach behandelte Frage ist ferner die, ob die Streifen in der nämlichen Schicht nur nach einer Richtung verlaufen, oder ob sie nach zwei Richtungen streichend sich kreuzen. Gewöhnlich fiel die Antwort in ersterem Sinne aus, und es wurde angenommen, dass die Kreuzung durch die in den successiven Lamellen mit ungleicher Neigung aufsteigenden Fasern bewirkt werde. Die Beobachtung ist hier ausserordentlich schwierig, so dass z. B. Mohl nach sorgfältiger Untersuchung eine bestimmte Ansicht nicht auszusprechen im Stande ist. Nach Andern wäre freilich die Sache leicht zu entscheiden. So sagt Schacht (Beiträge zur Anat. und Physiol. d. G. p. 228), alle die von ihm aufgeführten Bastzellen lassen sich nach der Maceration mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure mehr oder minder leicht in ihre einzelnen Verdickungsschichten zerlegen, und jede Schicht lasse sich alsdann,

[redacted]

aber immer nur in einer Richtung zerfasern; er fügt bei, dass er unter Oelsüss Präparate der Bastzellen von Vinca minor und von Asclepias curassavica bewahre, wo er jede Schicht für sich abgelöst habe und wo jede derselben ihre eigene einfache Streifungsrichtung zeige. Auch Wigand will an einem Membranstück von Conferva Melagonium, welches sich in der Weise geblättert hatte, dass am Rande drei Schichten, die eine über die andere, hervorragten, in der obersten dieser Schichten bloss Querstreifung, in der folgenden bloss Längsstreifung und in der untersten gar keine Streifung gefunden haben.

Mit Rücksicht auf die beiden eben erwähnten Angaben muss ich vorerst bezweifeln, dass Schacht und Wigand wirklich einfache Schichten beobachteten. Es ist ungemein schwer, von einer Membran so äusserst dünne Lamellen abzublättern, und gelingt es ausnahmsweise, so ist daran platterdings nichts mehr zu sehen. Diess ist auch bereits von Mohl angegeben worden. Daher möchte ich vermuthen, dass die genannten Beobachter Schichtencomplexe vor sich hatten, — und in diesem Falle würde ihre Aussage nichts beweisen. Es ist nämlich, wie ich später zeigen werde, eine häufige Erscheinung, dass, von der Membranfläche angesehen, die Streifen in verschiedenen Schichtencomplexen einen ungleichen Verlauf haben. So sieht man namentlich an Bastzellen oft, dass die Streifen in der äussern Hälfte der Membran eine linkswendige, in der innern Hälfte eine rechtswendige Spirale beschreiben, oder umgekehrt; und insofern kann man uneigentlich von einer Kreuzung sprechen. Darum handelt es sich aber nicht. Neben diesen stärkern Streifen kommen in den nämlichen Schichtencomplexen noch zärtere vor, welche in entgegengesetzter Richtung verlaufen, und die, wie ich vermuthe, von Schacht übersehen wurden. An einer solchen Bastzelle hat man also aussen z. B. links-

wendige stärkere und rechtswendige schwächere, innen rechtswendige stärkere und linkswendige schwächere Streifen.

Von diesen ungleich verlaufenden, in dem nämlichen Schichtencomplex befindlichen Streifen ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass sie auch beide in jeder einzelnen Schicht vorkommen. Bald sind sie nämlich gleich stark, und dann behalten beide eine gleiche Stärke, wenn man die Focalebene langsam verändert. Bald sind sie ungleich stark, und dann bleibt das Verhältniss ihrer Deutlichkeit bei Focusveränderungen ebenfalls das nämliche. Würden die ungleich gerichteten Streifen verschiedenen Schichten angehören, so müssten bei unmerklicher Höher- und Tieferstellung des Focus die einen an Schärfe gewinnen, die andern verlieren. — Ueberdem sind in einzelnen Fällen, wo die Streifen besonders breit und deutlich hervortreten, die hellen Quadrate, Rechtecke oder Rhomben, welche durch die sich kreuzenden Streifen bewirkt werden, auf allen vier Seiten so scharf gezeichnet und gleich stark conturirt, dass man die Ursache der ungleichen Lichtbrechung in der nämlichen Schicht zu suchen geneigt ist. Die Streifung ist nämlich, wie besonders auch die Durchschnitte der Membranen zeigen, oft nur an den dichten Schichten sichtbar; die weichen können in diesem Falle wegen ihrer geringen Substanzverschiedenheit ganz vernachlässigt werden. Wenn nun in einer Schicht bloss Streifen nach einer Richtung vorkämen, so müsste das parketähnliche Aussehen der Membranfläche durch Kreuzung in den successiven dichten Schichten erzeugt werden, und könnte demnach, da die einen Linien von dem Durchscheinen einer zuweilen merklich tieferliegenden Schicht herrührten, kaum die gleichmässige Schärfe zeigen, wie es wirklich der Fall ist.

Ein möglichst dünner Complex von Schichten zeigt also, von der Fläche betrachtet, folgende Structur, und ohne Zweifel gilt diess auch für jede einzelne der dichten



Schichten (Fig. 3—7). Nach irgend einer Richtung streicht ein System von dichtgedrängten parallelen Streifen, welche abwechselnd aus dichter und weicher Substanz bestehen und daher abwechselnd hell und dunkel erscheinen. Damit kreuzt sich unter einem rechten oder schiefen Winkel ein zweites System von ähnlichen Streifen. Jedes dieser beiden Streifensysteme umfasst die ganze Substanzmasse des Schichtencomplexes. Dieses ist daher parketartig gefeldert mit quadratisch-rechteckigen (Fig. 3—5) oder mit rhombischen Feldern (Fig. 6, 7). Wenn die beiden sich kreuzenden Streifensysteme einander ganz gleich sind, so zeigen die Felderchen ein dreifach verschiedenes Aussehen; sie bestehen nämlich aus dichter, weicher und mittlerer Substanz, je nachdem sie der Kreuzungsstelle zweier dichter, zweier weicher oder eines dichten und eines weichen Streifens entsprechen (Fig. 3, 6, 7; $d_{,}$ und $d_{,,}$ die dichten, $w_{,}$ und $w_{,,}$ die weichen Streifen). Es besteht also ein Streifen nicht aus einer homogenen Masse, sondern aus kleinen aneinander gereihten Felderchen, die alternirend ungleich dicht sind. In dem dichten Streifen wechseln dichte und mittlere, in dem weichen Streifen weiche und mittlere Areolen.

Zeigen die beiden sich kreuzenden Streifensysteme nicht die nämlichen Dichtigkeitsverschiedenheiten, so besteht die Membranschicht aus 4 verschiedenen Arten von Felderchen. Die dichten Streifen des einen Systems bestehen aus dichten und halbdichten, die weichen Streifen aus weichen und halbweichen Areolen, und dem entsprechend die dichten Streifen des andern Systems aus dichten und halbweichen, die weichen Streifen aus halbdichten und weichen Areolen (Fig. 4). Daraus folgt, dass das erste System ($d_{,}$ und $w_{,}$) als das stärkere erscheint und deutlicher gesehen wird, das das zweite ($d_{,,}$ und $w_{,,}$) schwächer ist und bis zum Verschwinden zurücktreten kann. Die beiden Streifensysteme sind aber auch von ungleicher Deutlichkeit, wenn sie bei

gleichen Dichtigkeitsverschiedenheiten aus ungleich breiten Streifen bestehen (Fig. 5).

Wenn die Areolen einer Fläche nach zwei Richtungen in Reihen geordnet sind, so müssen auch noch in andern Richtungen Reihen, aber undeutlicher, sichtbar werden. Kreuzen sich die primären Reihen unter einem rechten Winkel, so giebt es zwei gleiche Systeme von secundären Reihen, die bezüglich jener eine symmetrische Lage haben. Wenn die primären Reihen sich dagegen unter schiefen Winkeln schneiden, so sind die beiden secundären Reihen ungleich; diejenigen, welche den stumpfen Winkel der primären Streifen theilen (Fig. 6 und 7, s—s, t—t), sind immer deutlicher als diejenigen, welche in den spitzen Winkel derselben fallen. Wenn die primären Reihen einen sehr spitzen und einen sehr stumpfen Winkel bilden, so treten diejenigen secundären Reihen, welche dem letztern angehören, selbst mehr hervor als die beiden primären Reihen.

Diese theoretische Forderung wird durch die Beobachtung vollkommen bestätigt. Wo eine Membranfläche zwei sehr deutliche sich kreuzende Streifensysteme zeigt, so gelingt es in der Regel, auch ein drittes oder viertes System von Streifen wahrzunehmen. Ich habe es namentlich bei verschiedenen Algenzellen gesehen. Die drei oder vier Streifensysteme haben anscheinend den gleichen Charakter, nur dass sie in der Deutlichkeit von einander abweichen. Es lässt sich desshalb nicht immer entscheiden, welches die primären und welches die secundären Systeme seien.

Das Vorhandensein von drei oder vier sich schneidenden Streifensystemen auf einer Membranfläche ist von der grössten Wichtigkeit; denn es liefert so zu sagen den mathematischen Beweis für die Theorie von der Natur der Streifung, wie ich sie entwickelt habe. Es lassen sich nämlich,

da die Winkel zwischen den Streifen oft sehr genau gemessen werden können, die relativen Abstände in jedem System berechnen. Die so berechnete Breite der verschiedenen Streifen stimmt genau mit der wirklichen überein. Diese Uebereinstimmung macht es aber unmöglich, dass die Streifensysteme in verschiedenen Membranschichten liegen, und fordert eine areolirte Zeichnung der einzelnen Schicht. Ich verweise hierüber auf die später folgenden Untersuchungen an Algenzellen.

An den mit drei oder vier Streifensystemen gezeichneten Membranen lässt sich noch eine andere Wahrnehmung machen, welche ebenfalls mit aller Schärfe den Beweis dafür liefert, dass dieselben der gleichen Schicht angehören. Es kommt nämlich öfter vor, dass das eine System höher zu liegen scheint als die anderen; ebenso ist es häufig der Fall, dass bei einer gewissen Stellung des Spiegels nur das eine System deutlich gesehen wird oder stärker hervortritt als die übrigen. Diese Beobachtungen, aus denen man den Schluss gezogen hat, dass die in verschiedenen Richtungen verlaufenden Streifen nicht derselben Ebene angehören, beruhen auf optischer Täuschung. Dreht man nämlich das Mikroskop um seine vertikale Axe, so fallen andere Systeme mehr in die Augen; und was die Niveauverschiedenheiten betrifft, so kann man sicher sein, dass das höhere System nach einer halben Umdrehung in gleichem Verhältniss tiefer zu liegen scheint als die andern, während eine mittlere Stellung es in gleicher Höhe mit denselben zeigt. Diese ungleichen Bilder sind eine Folge der schiefdurchgehenden Lichtstrahlen, die nicht rings um die Axe gleichmässig vertheilt sind und daher bald das eine, bald das andere Streifensystem deutlicher hervortreten lassen. Dass man aber, ohne die Focaleinstellung zu ändern, beliebig dem einen oder dem andern eine scheinbar höhere Lage geben

kann, beweist gerade, dass sie in der gleichen Ebene sich befinden[2]).

Auf Durchschnitten durch die Zellmembran sieht man zuweilen ebenfalls zwei Streifensysteme, die sich kreuzen, und welche in einzelnen Fällen ein ganz ähnliches Aussehen darbieten, wie die gefelderte Zeichnung der Membranfläche. Das eine der beiden Systeme wird nun aber durch die Schichten der Zellwand dargestellt. Die dichten Schichten erscheinen als eine Reihe von getrennten dichten Punkten, d. h. als eine Reihe von abwechselnd dichtern und weichern Areolen, ganz wie ein dichter Streifen der Flächenansicht. — Der Querschnitt stimmt auch darin mit der Membranfläche überein, dass ausser den primären zuweilen noch secundäre Streifen sichtbar werden. Diess ist namentlich dann der Fall, wenn die primäre Streifung die Schichtung nicht unter einem rechten Winkel, sondern schiefwinklig durchsetzt.

Eine Membran lässt sich also in 3 Richtungen in Lamellen zerlegen, die alternirend aus wasserreicherer und wasserärmerer Substanz bestehen, und die sich in ähnlicher Weise wie die Blätterdurchgänge eines Crystalls kreuzen. Die Lamellen der einen Richtung sind die Schichten, die der beiden andern die zwei Streifensysteme. Die letztern können sich fast unter jedem Winkel schneiden; beide stehen auf den Schichtenlamellen, wie es scheint, in den meisten Fällen rechtwinklig.

Rücksichtlich der Neigungen der drei Lamellensysteme zu einander giebt es folgende drei mögliche und auch

---

2) Ganz ebenso verhält es sich mit den Streifensystemen der Navicula, von denen auch Schacht (Beiträge p. 268) sagt, dass sie in verschiedenen Schichten liegen. Man kann beim Drehen des Mikroskops abwechselnd jedes der drei Systeme als das höhere sehen.

wirklich vorkommende Fälle, wenn man ein kleines Membranstück, in welchem die Schichten als eben betrachtet werden können, berücksichtigt. 1) Die Schichtung und die beiden Streifungen schneiden sich unter rechten Winkeln; ihre Normalen verhalten sich wie die Crystallaxen im quadratischen und orthorhombischen System. 2) Die Schichtung kreuzt die beiden Streifungen rechtwinklig, indess diese sich schiefwinklig schneiden, oder es kann auch die Schichtung zu einer der beiden Streifungen schiefwinklig geneigt sein, indess die andere Streifung sich rechtwinklig ansetzt; die Normalen verhalten sich wie die Crystallaxen im klinorhombischen System. 3) Die Schichtung und die beiden Streifungen schneiden sich unter schiefen Winkeln; ihre Normalen haben die Lage der Crystallaxen im klinorhomboidischen System.

Fig. 8 giebt eine schematische Darstellung dieser Verhältnisse an einem kleinen würfelförmigen Stück, das in Gedanken aus einer Zellmembran herausgeschnitten wurde. Die drei Lamellensysteme kreuzen sich unter rechten Winkeln. Sie wurden ferner rücksichtlich der Dimensionen und Dichtigkeitsverschiedenheiten einander gleichgesetzt. Unter dieser Voraussetzung giebt es Areolen von vier Dichtigkeitsgraden, je nachdem sich drei weiche Lamellen, oder zwei weiche und eine dichte, oder eine weiche und zwei dichte, oder endlich drei dichte kreuzen. In der Zeichnung sind die weichsten weiss gelassen; die dichtesten sind mit dreifacher Schraffirung versehen; die zwei mittleren Grade sind mit einfachem und mit doppeltem Liniensystem gezeichnet.

Unter dieser Voraussetzung sind die drei Lamellensysteme gleich deutlich. Sie werden ungleich deutlich, wenn ihre Grössenverhältnisse oder ihre Dichtigkeitsverschiedenheiten ungleich sind. Stimmen zwei Lamellensysteme rücksichtlich der Dichtigkeitsverhältnisse überein, indess das

dritte abweicht, so hat man sechs, wenn alle drei Lamellensysteme von einander abweichen, 8 verschiedene Dichtigkeitsgrade für die Areolen.

Ich habe bereits oben gesagt, dass beim Eintrocknen die Streifung mehr oder weniger verloren geht. Nach der eben stattgehabten Erörterung der innern Structur ist es begreiflich, dass trocknende Membranen sich sehr ungleich verhalten können. In einem Falle verschwindet die Zeichnung vollständig, nämlich dann, wenn in dem einen der zwei Lamellensysteme, welche unter dem Mikroskop sich in senkrechter Lage befinden, die Dichtigkeitsverschiedenheiten gegenüber dem andern System unbemerklich sind, so dass man also im feuchten Zustande nur das letztere deutlich sieht. Diess beobachtet man nicht sehr selten auf Durchschnitten, welche befeuchtet nur die Schichtung zeigen und trocken homogen erscheinen. Solche Membranen verhalten sich wie die Stärkekörner. Wenn dagegen in den beiden senkrecht vor dem Beobachter stehenden Lamellensystemen Substanzen von beträchtlich verschiedener Dichtigkeit wechseln, so bleibt die Zeichnung auch bei vollständiger Wasserentziehung noch sichtbar, obgleich sie undeutlicher wird. Die dichten Lamellen, welche sich kreuzen und gleichsam ein Gebälke darstellen, halten einander gegenseitig und springen daher rippenartig an der Oberfläche vor. Beispiele hiefür giebt sowohl die Flächenansicht der Membranen, wo die beiden Streifensysteme, als Durchschnitte, wo die Schichtung und das eine Streifensystem zuweilen auch im trockenen Zustande noch bemerkbar sind.

Die Schichtung und die beiden Streifensysteme sind rücksichtlich ihrer Mächtigkeit und Deutlichkeit ausserordentlich verschieden. Es giebt weiche Membranen, welche mit Wasser befeuchtet die innere Structur sehr schön hervortreten lassen. Andere dagegen zeigen dieselbe erst, nachdem sie eine mechanische oder chemische Einwirkung er-

fahren haben; zuweilen reicht einfaches Quetschen aus; häufig bedarf es der Auflockerung durch Quellungsmittel (Schwefelsäure, Aetzkali, Salpetersäure mit chlorsaurem Kali etc.). — Streifen und Schichten bewegen sich, sobald sie sichtbar geworden, innerhalb der nämlichen absoluten Grössenverhältnisse. Es gehen 10 Streifen (eigentlich Streifenpaare, jedes aus einem dichten und einem weichen Streifen bestehend) auf 8 — 30 Mik., so dass also jedem einzelnen eine Dicke von 0,8 — 1,5 Mik. zukommt. Diese Ausdehnung haben sie aber bei vielen Membranen erst durch beträchtliches Aufquellen erhalten. Aus der Zunahme beim Aufquellen lässt sich in einzelnen Fällen berechnen, dass in der unveränderten Membran 10 Schichten oder Streifen nicht mehr als 0,14 und 0,12 Mik. einnehmen. (Beispiele geben Bastzellen und aufquellende Epidermiszellen von Samen und Früchten.)

Es giebt auch Membranen und Membrantheile, an denen auf keine Weise eine innere Structur sichtbar gemacht werden kann. Schon Valentin hat die Zellen und Gefässe mit treppenförmig- und porös-verdickten Wandungen als solche bezeichnet, an denen die Spiralstreifen schwierig wahrzunehmen seien, und Mohl konnte sie an vielen Parenchymzellen nicht nachweisen. Wie mir scheint, liegt der Grund davon in zwei Verhältnissen, in der Dicke der Wandung und in dem Verlauf der Schichten. Nur wenn der Schichtencomplex eine gewisse Mächtigkeit hat, sieht man die Streifung deutlich. Desswegen mangelt sie an allen jungen Zellen und an dünnwandigem Parenchym. Die Streifung ist ferner um so deutlicher, je mehr die Schichten unter einander parallel und je ebener sie sind. Dieser regelmässige Schichtenverlauf findet aber die grössten Störungen an Zellen mit zahlreichen Poren, so wie an solchen mit Ring-, Spiral- und Netzfasern.

Von den bisherigen Beobachtern wurde ferner vorzüglich

die Frage erörtert, ob auch die äusserste Schicht der Zellwand (sog. primäre Membran) gestreift sei, und diess gewöhnlich verneint. Nach Schacht soll auch die innerste Membranschicht ungestreift sein. Ich muss in beiden Beziehungen eine andere Meinung verfechten. Allerdings sieht man diese Schichten, wenn man sie von der Fläche betrachtet, ohne Zeichnung; auch die Durchschnittsansicht zeigt sich meistens homogen, was ich in manchen Fällen ihrer beträchtlichen Dichtigkeit zuschreibe. In andern Fällen dagegen erscheinen sie auf dem Durchschnitte sehr deutlich gestreift. An dickwandigen Parenchymzellen besteht dann die innerste, auch wohl die mittlere Schicht der Wandung zwischen zwei Zellen abwechselnd aus dichten und weichen Areolen, und an dünnwandigem Parenchym löst sich die ganze durchschnittene Wand in eine Reihe von Knötchen auf.

Schichtung und Streifung sind nicht nur an verschiedenen Membranen und Membrantheilen sehr ungleich; sie bieten auch, wenn wir sie in dem nämlichen Membrantheil mit einander vergleichen, höchst mannigfaltige Verhältnisse dar. Was zuerst die beiden Streifensysteme betrifft, so sind dieselben zuweilen von gleicher Stärke; es scheint diess namentlich dann vorzukommen, wenn sie mit der Zellenaxe gleiche Winkel bilden. Bei der Spiralstreifung, wo die sich kreuzenden Streifen zu der Axe ungleich geneigt sind, beobachtet man in der Regel auch eine mehr oder weniger ungleiche Ausbildung derselben; die einen können selbst bis zur Undeutlichkeit verschwinden, indess die anderen sehr entschieden hervortreten.

Vergleichen wir ferner Streifung und Schichtung mit einander, so giebt es Zellen, an denen beide eine gleiche Entwickelung zeigen, sei es, dass sie beide sehr augenfällig sind, sei es, dass sie sich gleich sehr der Wahrnehmung entziehen. Bei der grossen Mehrzahl der Zellen aber tritt die Schichtung viel deutlicher hervor als die Streifung, und

auf Durchschnitten ist es namentlich die scharfe Zeichnung der Schichten, welche die zarten Streifen leicht übersehen lässt. Doch kommt auch das Umgekehrte vor. Es giebt Zellen, an denen die Streifung sehr deutlich gesehen wird, während die Schichtung entweder nur schwach angedeutet ist, oder auch ganz mangelt. Dieses auffallende Factum findet sich zuweilen an alten Holzzellen, und zwar sowohl bei der Längsansicht derselben als auf Querschnitten.

Für die Anordnung der Streifen kenne ich bis jetzt mit Sicherheit 3 verschiedene Typen: 1) die gerade, 2) die Spiralstreifung und 3) die schiefe Ringstreifung. Bei der geraden Streifung, die man an einfach gebauten Algen beobachtet, läuft das eine Streifensystem mit der Zellenaxe parallel, das andere quer zu derselben. Bei der Spiralstreifung beschreiben beide Systeme Schraubenlinien, gewöhnlich mit entgegengesetzter Wendung und in der Regel schiefwinklig zu einander geneigt. Gerade und spiralige Streifung sind übrigens nicht prinzipiell verschieden, indem sie unmerklich in einander übergehen.

Von diesen beiden Typen ist die schiefe Ringstreifung, die von den bisherigen Beobachtern übersehen wurde, wesentlich verschieden. Sie bildet, wenn wir eine einfache Membranschicht berücksichtigen, schiefe Ringe, welche nach zwei Richtungen geneigt sind und sich somit kreuzen. An dem ganzen Schichtencomplex einer cylindrischen oder prismatischen Zelle stellt der einfache Spiralstreifen eine Wendeltreppe dar, der Ringstreifen dagegen eine in der Mitte durchbrochene, geneigte Scheibe, die genau einem schief geführten Querschnitt entspricht. Alle Streifen des einen Systems bilden einen Satz von solchen schiefen, unter einander parallelen Scheiben, die Streifen des andern Systems einen Satz von ebenfalls schiefen und unter sich parallelen Scheiben, welche aber die des ersten Systems unter einem schiefen Winkel schneiden.

Mohl (Bot. Zeit. 1853 p. 769) giebt an, dass die an der Oberfläche der Frons von Dictyosphaeria favulosa freiliegenden Zellmembranen mit zwei Systemen von Streifen besetzt seien, von denen die einen radienförmig vom Centrum der Zellwand zu ihrem Rande verlaufen, während die andern concentrische Kreise um den Mittelpunkt beschreiben. Es scheint mir, dass diese Anordnung keinen neuen Typus begründet, sondern der geraden Streifung beizuzählen ist; denn das freie Ende einer mit Längs- und Querstreifen begabten Zelle muss, wenn es von oben betrachtet wird, die beschriebene radial-concentrische Zeichnung zeigen. — Auch Epidermiszellen von Blättern lassen an der freien Wand zuweilen radiale, vom Centrum ausgehende, starke Streifen wahrnehmen. Ich habe aber die dazu gehörigen concentrischen Linien nicht sehen können.

Bei allen Typen laufen die Streifen des nämlichen Systems unter einander parallel. Geringe Abweichungen von dem strengen Parallelismus kommen indessen nicht selten vor, und bestehen vorzüglich darin, dass ein Streifen sich in zwei theilt, oder, was das Nämliche ist, dass zwei zu einem sich vereinigen. Auf der Flächenansicht ist es im Kleinen die gleiche Erscheinung wie die Verzweigung der Spiralfasern im Grössern. Der Querschnitt der Zellen zeigt an den stärkern Biegungsstellen der Membran, namentlich wenn die letztere eine grössere Mächtigkeit besitzt, mehrfache Theilung der Streifen, welche hier natürlich eine radiale Richtung haben. Ein einzelner derselben kann sich von innen nach aussen je nach Umständen in 2, 3, 4 und mehrere spalten. Die Streifen erinnern dann rücksichtlich ihrer Lage und Anordnung an die verzweigten Porenkanäle dickwandiger Zellen, für welche sie auch irrthümlicher Weise gehalten wurden; nur sind sie viel feiner und gedrängter. Dadurch wird erreicht, dass an dem äussern und an dem innern Rand der Zellmembran

durchschnittlich gleich viel Streifen auf die Längeneinheit kommen.

Wie die verästelten Spiralfasern, wenn die Verästelung häufiger eintritt, in Netzfasern übergehen, so scheinen auch die zwei sich kreuzenden Systeme paralleler Streifen in der Flächenansicht der Membran in manchen Fällen durch ein Netz ersetzt zu werden. Die Streifung nimmt dann das an den netzförmigen Gefässen bekannte Aussehen an. Die verlängerten rhombischen Maschen erinnern an zwei Systeme von Linien, die sich unter einem kleinen Winkel kreuzen. Die Zeichnung ist aber so zart und undeutlich, dass ich nicht zu entscheiden wage, ob sie bloss durch einen unregelmässigen Verlauf der sich kreuzenden Spiral- und Ringstreifung hervorgebracht werde, oder ob es ein eigener Typus mit wirklicher netzförmiger Vereinigung der Streifen sei.

Die Streifung kann an einer Zelle überall den gleichen Charakter zeigen; sie kann aber auch in bestimmten Regionen einen andern Charakter annehmen. So kommt es namentlich an Bastzellen vor, dass in bestimmten Intervallen schiefe Ringstreifung und Spiralstreifung mit einander alterniren. — Selbst in den verschiedenen Schichtencomplexen, welche in dickwandigen Zellen übereinander liegend die ganze Wanddicke bilden, beobachtet man nicht selten eine mehr oder minder bedeutende Aenderung in der Richtung und Anordnung der Streifen. Bei Holz- und Bastzellen sind häufig die stärkern oder allein sichtbaren Streifen in der äussern Hälfte der Membran anderswendig als in der innern. Es können selbst die gleichwendigen Streifen in verschiedener Tiefe eine ungleiche Neigung zur Zellenaxe zeigen. Zuweilen besitzen auch die äussersten Schichten netzförmige, die übrigen Spiralstreifung.

Mit Rücksicht auf die Entwickelungsgeschichte der Streifungen ist kaum etwas Sicheres bekannt. Sie scheint indess interessante Ergebnisse zu versprechen. Einige That-

sachen deuten darauf hin, dass in dem nämlichen Schichtencomplex der Charakter der Streifung sich verändern kann, dass namentlich die Spiralstreifung verschwinden und durch schiefe Ringstreifung ersetzt werden kann. Denn es kommt vor, dass an jüngern Bastzellen undeutliche Spiral-, an älteren aber undeutliche Ringstreifen gesehen werden. Es würde also in verschiedenen Perioden das Wachsthum mit Rücksicht auf die Einlagerungen in ungleichen Richtungsverhältnissen thätig sein. Andeutungen dieses verschiedenartigen Wachsthums dürften sich in solchen ausgebildeten Bastzellen finden, welche je nach der Einwirkung des Quellungsmittels die eine oder andere Streifung (spiralige oder ringförmige) hervortreten lassen. Dagegen ist es mir bis jetzt nicht gelungen, an dem nämlichen Schichtencomplex gleichzeitig die beiden Streifungen zu sehen.

Es liess sich erwarten, dass die Configuration der Oberfläche in gewisser Beziehung zu dem innern Bau der Membran stehe, dass also die durch ungleiche Verdickung derselben erzeugten Fasern und Poren von dem Verlaufe der Streifen bedingt werden. Am schönsten sieht man diess an den Spiralfasern der Holzzellen und an den Poren der Bast- und Holzzellen. Der Querschnitt zeigt zuweilen, dass jedem dichten Streifen ein schwacher Vorsprung auf der innern Fläche entspricht; zuweilen trifft auf je den 4. bis 7. Streifen eine stärkere Verdickung. Uebereinstimmend mit der letztern Beobachtung sieht man auf der Flächenansicht zwischen je zwei Spiralfasern 3 bis 6 damit parallel laufende dichte Streifen. Für diese Fälle ist es sicher, dass die feine Spiralfaser einem Spiralstreifen entspricht. Stärkere Spiralfasern scheinen mehreren (2—4) Spiralstreifen zu entsprechen.

Wenn die Poren, von der Membranfläche angesehen, elliptisch oder linear verlängert sind, so stimmt dieser Längsdurchmesser genau mit der Richtung der stärkern

Spiralstreifung überein. Ich habe sogar an Bastzellen beobachtet, dass die Richtung des Porus in den verschiedenen Membranschichten mit den Streifen sich ändert, dass derselbe z. B. in der äussern Hälfte der Zellmembran einer links-, in der innern Hälfte einer rechtsgewundenen Schraubenlinie folgt. In solchen Fällen ist also der flachgedrückte Porenkanal, wenn wir ihn von der innern bis zur äussern Grenze der Membran verfolgen, wie eine Wendeltreppe gedreht.

In der gegenwärtigen Abhandlung habe ich die Zeichnung auf den Zellen der Diatomeen nicht berücksichtigt. Obgleich dieselbe eine grosse Analogie mit der gekreuzten Streifung der übrigen Pflanzenzellmembranen hat, so scheinen mir doch einige Verschiedenheiten es rathsam zu machen, die beiden Erscheinungen vorerst nicht mit einander zu vermengen.

Ich bin auch nicht auf das Problem eingetreten, ob die Membran aus Primitivfasern zusammengesetzt sei oder nicht. Offenbar hat diese formelle Frage, welche mit Unrecht die Erforschung der factischen Verhältnisse in den Hintergrund drängte, bei den Beobachtern um so mehr an Werth verloren, je mehr dieselben sich mit dem wirklichen Bau der Membran beschäftigten. Sie muss gänzlich obsolet werden, sowie das Wesen der Streifen richtig erkannt ist. Es zeigt sich dabei, dass denselben von den Einen ein zu grosses, von den Andern ein zu geringes Maass der Selbständigkeit eingeräumt wurde. Der Fehler war, dass nur die dichten Streifen der dichten Schichten berücksichtigt, und die weichen Streifen derselben sammt den weichen Schichten ganz übersehen oder als homogene Bindesubstanz in Anspruch genommen, dass ferner ein anatomisches Verhältniss für den Beweis einer bestimmten Entstehungsweise genommen, und dass demnach die unrichtige Alternative „Membranschicht oder Faser“ gestellt wurde. Der Streifen ist so gut vorhanden und hat ebensoviel und ebensowenig Berechtigung

auf Selbständigkeit als die einzelne Membranschicht; beide sind ein scharf geschiedener Theil der ganzen Zellwand, aber weder der eine noch die andere tritt je selbständig für sich und unabhängig von den andern Schichten und Streifen auf. Ob die dichten Streifen, worauf so viel Gewicht gelegt wurde, durch mechanische oder chemische Mittel isolirt werden können oder nicht, ist eben so gleichgültig, als es für die Existenz der Schichten unerheblich ist, ob sich die dichten Schichten von einander trennen lassen. Beides ist mit grossen praktischen Schwierigkeiten verbunden, gelingt aber ohne Zweifel, wenn man die verbindende weiche Substanz auflösen oder gehörig auflockern kann, ohne die dichten Streifen oder Schichten allzusehr anzugreifen.

Nachdem ich das Verhalten der Streifen im Allgemeinen erörtert habe, will ich die an den einzelnen Zellenformen gemachten Beobachtungen besonders darlegen. Ich beginne mit den Verhältnissen der innern Structur, welche uns die Parenchymzellen darbieten.

1. Zellencryptogamen.

Rücksichtlich des Baues der Membran von Chaetomorpha, welcher von J. Agardh, H. v. Mohl und Wigand untersucht wurde, verweise ich besonders auf die gründliche Darstellung Mohl's. Die Streifung geht parallel der Zellenaxe und rechtwinklig zu derselben. Bei wenig andern Zellen ist deutlicher zu sehen, dass der Streifen nichts anderes als ein Theil der Membranschicht ist, und dass von einem Uebertreten eines dichten Streifens (Primitivfaser) aus einer Schicht in die andere und aus einer Zelle in die andere keine Rede sein kann.

Sehr schön sieht man die Streifung auf der Membranfläche von Cladophora hospita *Kg.* Die Längsstreifen

beschreiben eine linkswendige (südöstliche), die Querstreifen eine entgegengesetzte Spirale. Ich fand z. B. folgende Neigungen

	1	2	3	4
Winkel zwischen den Längsstreifen und der Zellenaxe	13°	16°	17°	27°
Winkel zwischen den Querstreifen und der Zellenaxe	89°	79°	76½°	69°
Winkel zwischen Längs- und Querstreifen	78°	85°	86½°	84°

Ein drittes System von Spiralstreifen wird sowohl bei Chaetomorpha als bei Cladophora hin und wieder gesehen. Doch ist dasselbe nur stellenweise erkennbar und meistens äusserst zart. — Die Längsstreifen sind etwas stärker und etwas unregelmässiger; zuweilen scheinen sie nicht genau parallel zu sein, sondern ein Geflecht mit sehr verlängerten Maschen zu bilden. Die Querstreifen sind zärter, regelmässiger, genau parallel und gleich weit von einander entfernt. Von jenen gehen 12—13, von diesen 16 auf 25 Mik., so dass also der einzelne Längsstreifen 2 Mik., der Querstreifen 1,56 Mik. breit ist [3]).

Die Membran der grossen Zellen, aus denen Valonia utricularis *Ag.* besteht, lässt fast überall drei Streifensysteme erkennen. Die stärksten schneiden die Zellenaxe fast rechtwinklig, dieselben sind häufig etwas unregelmässig; die mittlern laufen mit derselben fast parallel; die schwächsten haben eine schiefe Richtung. Nur die Querstreifen konnten sicher gemessen werden; es gehen deren meist 8

---

3) Wenn ich von der Dicke einer Membranschicht oder von der Breite eines Streifens spreche, so verstehe ich darunter den Abstand zwischen der Mitte zweier dichter oder zweier weicher Lamellen, also eigentlich die Dicke eines Paars bestehend aus einer dichten und der zugehörigen weichen Lamelle.

auf 12 Mik. Die Breite der andern Streifen lässt sich aus dieser Grösse und aus den Winkelmessungen berechnen.

In Fig. 1 geben die Linien A, B und C die Richtungen der drei Streifensysteme. a, b und c sind die senkrechten Abstände zweier benachbarter Streifen der Systeme A, B und C. α ist der Winkel zwischen A und B, β zwischen B und C, γ zwischen A und C. Wenn nun das Stück der Linie B, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems A (oder C) liegt, gleich 1 gesetzt wird, so sind die drei gesuchten Werthe

$$a = \text{Sin } \alpha$$
$$c = \text{Sin } \beta$$
$$b = \frac{\text{Sin } \alpha . \text{ Sin } \beta}{\text{Sin } \gamma}$$

denn $b = C_1 \text{ Sin } \beta$, wenn C_1 das Stück der Linie C bezeichnet, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems B sich befindet, und $C_1 = \frac{a}{\text{Sin } \gamma}$ [4].

4) Man kann als Einheit auch das Stück der Linie A, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems B, oder das Stück der Linie C, welches zwischen zwei benachbarten Linien des Systems A liegt, annehmen.

Im erstern Fall hat man die Formeln

$$c = \text{Sin } \gamma$$
$$b = \text{Sin } \alpha$$
$$a = \frac{\text{Sin } \alpha . \text{ Sin } \gamma}{\text{Sin } \beta}$$

im zweiten Falle

$$b = \text{Sin } \beta$$
$$a = \text{Sin } \gamma$$
$$c = \frac{\text{Sin } \beta . \text{ Sin } \gamma}{\text{Sin } \alpha}.$$

Es versteht sich, dass das Verhältniss zwischen a, b und c das nämliche bleibt, man mag die Berechnung nach der einen oder andern Formel ausführen.

An drei Zellen wurden folgende Winkelgrössen gefunden; α ist der Winkel zwischen den Quer- und Längsstreifen, β derjenige zwischen den Quer- und den schiefen Streifen, γ zwischen den Längs- und den schiefen Streifen.

	1	2	3
α	83°	80°	78°
β	53°	57°	58°
γ	44°	43°	44°

Daraus wurden nach den obigen Formeln für die Breite der verschiedenen Streifen die relativen Werthe und ferner vermittelst derselben aus der gemessenen Breite der Querstreifen die absolute Breite der beiden andern Streifen berechnet; a ist die Breite der Längsstreifen, b der Querstreifen und c der schiefen Streifen.

	1		2		3	
	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.
b	1,1411	1,6 Mik.	1,2110	1,5 Mik.	1,1941	1,6 Mik.
a	0,99255	1,4 —	0,98481	1,2 —	0,97815	1,3 —
c	0,79863	1,1 —	0,83867	1,0 —	0,84805	1,1 —

Ich habe diese Berechnungen nicht angestellt, um die Breite der Streifen an und für sich zu erfahren, sondern um zu prüfen, wie die gefundenen Werthe sich zu der Annahme verhalten, dass die drei Streifensysteme durch die Areolen der nämlichen Schicht dargestellt werden. Das Resultat stimmt genau mit dieser Annahme überein. Die Längsstreifen sind in dem Maasse zarter und gedrängter, als es die berechnete Breite verlangt. Die Deutlichkeit der schiefen Streifen ist noch etwas geringer, als es ihre Dimensionen erfordern, was sich leicht daraus erklärt, dass es secundäre Streifen sind, die bei gleicher Breite weniger in die Augen fallen als die primären. — Es wäre nun gewiss undenkbar, dass die Streifen verschiedenen Schichten angehörten und dabei genau dieselben Verhältnisse der Stärke und Richtung zeigten, wie die sich kreuzenden Areolen einer

Fläche. Ich werde ähnliche Berechnungen noch für Microdictyon und Chamaedoris mittheilen, und bei letzterer auch einen Fall von Valonia anführen, wo 4 Streifensysteme sichtbar waren.

Die Membran der Zellen von Microdictyon Agardhianum *Dcsne.* zeigt, von der Fläche angesehen, deutliche Längsstreifen. Von andern Streifen sieht man zuweilen nichts, doch giebt sich deren Anwesenheit schon aus dem Umstande kund, dass die Längsstreifen zart gegliedert sind. Manchmal erkennt man zarte Querstreifen und noch zärtere schiefe Streifen, jene mit den Längsstreifen einen Winkel von 80—85°, diese mit den nämlichen einen Winkel von 51—63° bildend. In zwei Fällen wurden folgende Winkelmessungen gemacht, aus denselben die relativen Werthe für die Breite der Streifen berechnet, und aus der gemessenen Breite der Längsstreifen die absolute Breite der beiden andern Streifen gefunden.

	1	2
α (zwischen den Längs- und Querstreifen)	80°	85°
β (zwischen den Quer- und schiefen Streifen)	47°	35°
γ (zwischen den Längs- und schiefen Streifen)	53°	60°

[redacted]

sich mir die Streifung an Chamaedoris annulata *Montagne* (Fig. 9).

Die Längsstreifen laufen ziemlich genau parallel der Zellenaxe; die Querstreifen schneiden dieselbe ziemlich unter einem rechten Winkel. Die Breite der einen und der andern variirt nicht unbedeutend. Zuweilen sind die Längsstreifen merklich stärker als die Querstreifen; von jenen gehen z. B. 10—13, von diesen 16—19 auf 25 Mik.; jene sind also 2,5—1,9 Mik., diese 1,8—1,3 Mik. breit. Manchmal zeigen beide Systeme eine gleiche Stärke; der einzelne Streifen hat eine Breite von 1,5—2 Mik. Nicht selten treten auch die Querstreifen etwas deutlicher hervor; sie sind 1,8—2,1 Mik. breit, indess die Längsstreifen 1,4—1,7 Mik. betragen. — Die Querstreifen verlaufen gerade und äusserst regelmässig; die Längsstreifen haben zuweilen eine gleiche regelmässige Anordnung, und die Membranfläche gleicht dem feinsten Battistgewebe. Manchmal jedoch sind die Längsstreifen etwas hin und her gebogen, zuweilen etwas verzweigt, und ausnahmsweise scheinen sie selbst ein Netz mit sehr langgezogenen, linealrhombischen Maschen zu bilden.

Wenn die Structur der Membran von Chamaedoris besonders deutlich ist, so erkennt man ausser den Längs- und Querstreifen noch zwei Systeme von schiefen Streifen, von denen das eine nach rechts, das andere nach links geneigt ist. Dieselben sind so zart, dass es mir nicht möglich war, die Breite zu messen. Sie lässt sich aber wieder durch Rechnung aus den Winkeln finden. Die Linien A, B, C, D in Fig. 2 geben die Richtungen der 4 Streifensysteme; a, b, c, d die verticalen Abstände zweier benachbarter Streifen des gleichen Systems; α, β, γ, δ die Winkel und zwar α zwischen A und B, β zwischen B und C, γ zwischen A und C, δ zwischen B und D. Nehmen wir das Stück der Linien B, welches von zwei auf einander folgenden

Linien der andern Systeme eingeschlossen wird, gleich 1, so sind die 4 gesuchten Abstände [5])

$$a = \text{Sin}\ \alpha$$
$$c = \text{Sin}\ \beta$$
$$d = \text{Sin}\ \delta$$
$$b = \frac{\text{Sin}\ \alpha .\ \text{Sin}\ \beta}{\text{Sin}\ \gamma}.$$

Es wurden nun an den Streifensystemen von Chamaedoris annulata folgende Winkelbestimmungen gemacht:

	1	2	3	4	5	6	7
α (gemessen)	88°	87°	89°	87°	88°	90°	90°
β —	38°	42°	44°	48°	52°	40°	37°
γ —	54°	51°	47°	45°	40°	50°	53°
δ —	34°	40°	43°	47°	47°	41°	36°
δ (berechnet)	36°	39°	43°	45°	49°	40°	37°

α ist der Winkel zwischen den Querstreifen (B) und Längsstreifen (A); β derjenige zwischen den Querstreifen (B) und den ersten schiefen Streifen (C) d. h. dem etwas stärkern System von schiefen Streifen, welches in dem stumpfen Winkel (von 91—93°) zwischen Längs- und Querstreifen sich befindet. γ ist der Winkel zwischen den Längsstreifen (A) und den ersten schiefen Streifen (C), und δ derjenige zwischen den Querstreifen (B) und den zweiten schiefen

[redacted]

zwischen Längs- und Querstreifen liegt. Für δ sind je zwei Werthe angegeben; in der ersten Horizontalzeile sind die Resultate der Messungen enthalten, in der zweiten dagegen die Winkelgrössen, welche sich durch Berechnung aus den andern Winkeln (α, β, γ) ergeben.

Aus den eben mitgetheilten Winkelmessungen erhält man nach den obigen Formeln für die verticalen Abstände a, b, c, d (wenn a die Breite eines Längsstreifens, b diejenige eines Querstreifens, c die Breite eines ersten schiefen Streifens und d die eines zweiten schiefen Streifens bezeichnet) folgende relative Werthe, und ferner aus der gemessenen Breite von a folgende absolute Werthe:

	1		2		3	
	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.	relative W.	absolute W.
a	0,99939	2,2 Mik.	0,99863	1,7 Mik.	0,99985	1,9 Mik.
b	0,76053	1,7 —	0,85983	1,5 —	0,94968	1,8 —
c	0,61566	1,35 —	0,66913	1,1 —	0,69466	1,3 —
d	0,55019	1,2 —	0,64279	1,1 —	0,68200	1,3 —

	4		5		6		7	
	relat. W.	absol. W.	relat. W.	absol. W.	relat. W.	absol. W.	relat. W.	absol. W.
a	0,99863	1,5 M.	0,99939	1,7 M.	1,0000	2,0 M.	1,0000	2,4 M.
b	1,0495	1,6 —	1,2252	2,1 —	0,83910	1,7 —	0,75355	1,8 —
c	0,74314	1,1 —	0,78801	1,3 —	0,64279	1,3 —	0,60182	1,4 —
d	0,73135	1,1 —	0,73135	1,2 —	0,65606	1,3 —	0,58778	1,4 —

Ich füge hier noch einen Fall bei, wo bei Valonia utricularis ebenfalls 4 Streifensysteme sichtbar waren und folgende Messungen gestatteten:

			relative W.	absolute W.	
α (gemessen)	85°	a	0,9962	gemessen	1,2 Mik.
β —	54°	b	1,2284	gemessen und	
γ —	41°			berechnet	1,5 —
δ —	50°	c	0,80902	berechnet	1,0 —
δ (berechnet)	48°	d	0,76604	—	0,9 —

Von den 4 Streifensystemen, welche bei Chamaedoris gewöhnlich, bei Valonia ausnahmsweise sichtbar werden, sind offenbar die Längs- und Querstreifen als die primären,

die schiefen nach rechts und links geneigten als die secundären zu bezeichnen. Die erstern treten im Verhältniss zu ihrer Breite immer etwas deutlicher hervor als die letztern. Wenn Längs- und Querstreifen sich unter einem rechten Winkel schneiden, so sind die beiden schiefen Systeme von gleicher Stärke. Sie werden um so ungleicher, je mehr jener Winkel sich von 90° entfernt. Es sind diess alles Thatsachen, welche auf's Schönste mit der Annahme übereinstimmen, dass die Streifen nichts anderes sind als die Areolenreihen der Membranschichten. Eine weitere Bestätigung wird auch durch den Umstand geboten, dass die Winkel, welche das vierte Streifensystem mit den drei übrigen bildet, nach der Messung und der Berechnung ziemlich genau übereinstimmen, wie sich aus den Werthen für δ in den mitgetheilten Beispielen ergiebt.

Die Querschnitte durch die Membran zeigen die Längsstreifen mehr oder weniger deutlich als Linien, welche rechtwinklig oder schiefwinklig die Schichten schneiden (Fig. 10). In letzterm Falle sieht man noch ein zweites System von schiefen Streifen, welches nach der andern Seite geneigt ist und sich mit jenen kreuzt, mehr oder weniger deutlich. In beiden Fällen ist jede einzelne dichte Schicht in regelmässigen Intervallen von einer weichen Masse durchbrochen und besteht somit aus einer Reihe dichter Areolen von fast quadratischer oder etwas rhombischer Gestalt. Die Dicke der Schichten beträgt im Mittel der ganzen Wanddicke meist etwa 2,7 Mik., also wenig mehr als die Breite der stärksten Streifen; zuweilen ist dieselbe auch merklich geringer.

Um das Verhalten der beiden primären Streifensysteme beim Aufquellen der Membran zu beobachten, wurden aus den grossen Zellen kleine viereckige Membranstücke herausgeschnitten und diese im trockenen Zustande, darauf in Wasser und schliesslich in Säuren gemessen. Das Ergebniss

war, dass die Membran, von der Fläche angesehen, etwas mehr Flüssigkeit in der Querrichtung als in der Längsrichtung einlagert, dass also die Längsstreifen verhältnissmässig mehr zunehmen als die Querstreifen, wie folgende Messungen (in Millimetern) beweisen:

		trocken	in Wasser	in Salzsäure	in Salzsäure gekocht
1	Länge	1,08	1,11	1,12	1,13
	—	100,00	102,78	103,70	104,63
	Breite	1,09	1,13	1,16	1,18
	—	100,00	103,67	106,42	108,26
2	Länge	1,06	1,11	1,13	1,15
	—	100,00	104,71	106,60	108,49
	Breite	1,47	1,56	1,59	1,62
	—	100,00	106,12	108,16	110,21

Die Scheiden von Petalonema alatum *Grev.*[6]) bestehen aus zwei Partieen. Die innere ist schmäler, dichter und, wie die Scheiden der verwandten Gattungen, parallel der Axe geschichtet. Die äussere ist viel breiter, weicher und scheinbar gegliedert, indem hier die Schichten mehr oder weniger rechtwinklig nach aussen biegen. Dieser äussere Theil der Scheide besitzt zwei Streifensysteme. Im Längenprofil sieht man deutliche Streifen, welche die Schichten rechtwinklig durchbrechen und somit ziemlich parallel

6) Kützing hat den von Berkeley gegebenen Gattungsnamen Petalonema und den von Greville gegebenen Artnamen alatum ohne Noth und ohne Recht in Arthrosiphon Grevillii verändert. Er führt als Grund an, dass dieselben auf einem offenbaren Irrthum beruhen. Wenn dieser Grund ausreichend wäre, so müssten noch manche Gattungsnamen und namentlich mehrere von Kützing selbst aufgestellte preisgegeben werden. Arthrosiphon selbst wäre nicht sehr glücklich gewählt. Petalonema alatum bedeutet einen Faden, der ein geflügeltes blumenblattartiges Aussehen gewährt. Diese Bezeichnung ist sehr charakteristisch, wenn sie auch nur bildlich ist und den Schein statt des Wesens wieder gibt.

mit der Fadenaxe verlaufen. Wir können sie mit Rücksicht auf ihre Richtung als Längsstreifen bezeichnen. Diese Längsstreifen stellen sich auf Querschnitten als concentrische Ringe dar. Ausserdem sieht man auf den Querschnitten eine zarte radiale Streifung.

Bei dieser Pflanze finden wir also in der äussern Scheide, wie bei andern Pflanzenzellen, drei sich kreuzende Lamellensysteme. Aber in Folge eigenthümlicher Entwickelung sind ihre räumlichen Verhältnisse vertauscht. Die Schichtung hat die Lage und Form der Querstreifung, die Querstreifung dagegen die der Schichtung angenommen.

Die Schläuche der Flechten, z. B. von Hagenia ciliaris, lassen auf Querschnitten zuweilen eine zarte radiale Streifung wahrnehmen; dieselbe tritt besonders hervor, wenn man die Schläuche schwach durch Jod färbt. Die Flächenansicht zeigt sie nur höchst undeutlich.

Auf den grossen Sporen einer Pertusaria sieht man sehr deutliche Querstreifen, welche wie in einem netzförmigen Gefässe unter einander anastomosiren und verlängerte rhombische Maschen bilden. Sie gehören, wie es scheint, bald den äussern, bald den innern Membranschichten, nicht aber der ganzen Wanddicke an.

2. Parenchymzellen der Phanerogamen.

Wenn die Parenchymzellen hinreichend dickwandig sind, so beobachtet man an ihnen nicht selten die Anwesenheit von Streifen. Aber es ist oft schwer, den Verlauf derselben im Raume genau auszumitteln. So sah ich die durchschnittenen Wände des Blattparenchyms von Hyacinthus orientalis *Lin.*, Agave americana, Hakea pectinata *Dum. Cours.* hin und wieder von zarter Querstreifung rechtwinklig durchsetzt. Fig. 12 zeigt dieselbe an einer Epidermiszelle der letztern Pflanze. Ist die Wandung dünner, so besteht sie durch und durch aus dichter Substanz und

die Streifen sind in der ganzen Dicke ziemlich scharf gezeichnet (a). An den dickern Stellen dagegen befindet sich zwischen den zwei dichtern Aussenschichten eine weiche Mittelsubstanz; die letztere ist äusserst zart gestreift, während jene deutlich unterbrochen und in eine Reihe von Punkten aufgelöst sind.

Die eben erwähnten Streifen sieht man zuweilen auch, wenn man die Zellmembran von der Fläche betrachtet. Bald sind es zarte Linien, bald Reihen von Punkten, welche auf gekreuzte Linien deuten, bald auch zarte Punkte scheinbar ohne Ordnung.

Sehr deutliche Querstreifung wurde ferner auf den durchschnittenen Wänden der innern Samenhaut von Platypodium spec. beobachtet. (Fig. 21). Diese Streifen gehen bald rechtwinklig, bald schiefwinklig durch die Wandung. Im letztern Falle kreuzen sich zwei Systeme mit entgegengesetzter Neigung, und es treten die für diesen Fall charakteristischen Zeichen V X Y auf. Einzelne dieser Querstreifen sind von beträchtlicher Stärke und gleichen feinen Porenkanälen. Dass es keine Poren sind, sieht man daraus, dass sie sich bis zu der zartesten Streifung abstufen, ferner daraus, dass neben ihnen noch wirkliche Porenkanäle vorkommen, und endlich besonders aus der Flächenansicht der Zellwandung. Diese zeigt theils unregelmässig parallele, leicht hin und her gebogene, theils verzweigte und netzförmig anastomosirende Streifen, letztere mit langgezogenen schmalen Maschen.

Die räumliche Construction dieser Streifen würde aus den Beobachtungen an den Zellen von Platypodium kaum möglich sein. Die Analogie der beiden Ansichten mit den Holzzellen der Coniferen zeigt deutlich, dass es Ringstreifen sind. Ich verweise auf die später folgende Analyse dieser Formation.

Die innere Samenhaut von Entada Gigalobium *DC.*

verhält sich ganz wie diejenige von Platypodium. Die Streifen auf den Durchschnitten der Wandungen sind bald sehr stark und deutlich, bald äusserst zart und gedrängt. Wenn die Schnitte den Rand der Zellenhöhlungen treffen. so sieht man die Streifen des Profils in die der Flächenansicht übergehen. Auch hier kommen neben denselben einzelne Poren vor.

Die Zellen des Fruchtfleisches von Hymenaea Courbaril *Sin.* sind länglich und zusammengefallen. Man nimmt auf deren Fläche 3 oder 4 Streifensysteme wahr, zwei Systeme von Querstreifen und 1 oder 2 von Längsstreifen. Es giebt Zellen mit glatter Wandung, andere, auf denen nur die Querstreifen sichtbar sind, ferner solche, welche Quer- und Längsstreifen zeigen, endlich solche, auf denen die Längsstreifen stark hervortreten, die Querstreifen aber mehr oder weniger undeutlich sind. Da die erstgenannte Kategorie von Zellen im Allgemeinen die zartesten, die letzte die derbsten Membranen hat, so vermuthe ich, dass die 4 verschiedenen Bildungen zugleich die Entwicklungsstadien der nämlichen Zellen darstellen, dass nämlich zuerst die Querstreifen auftreten und nachher von den Längsstreifen verdrängt werden. Es giebt auch Zellen, die auf verschiedenen Stellen ungleich ausgebildet sind und somit zwei verschiedene Zustände vereinigen.

Die beiden Querstreifensysteme sind sehr zart und ziemlich symmetrisch; jedes ist zur Zellenaxe unter einem Winkel von 65°—75° geneigt. Die Breite eines Streifens beträgt 0,7—1,2 Mik. — Die Längsstreifen sind zuweilen ebenso zart und fein wie die Querstreifen; andere Male übertreffen sie dieselben um das Zwei- und Dreifache an Stärke. Die zarten Längsstreifen stellen zwei regelmässig sich kreuzende und ziemlich symmetrische Systeme dar, von denen jedes mit der Zellenaxe einen Winkel von 10° bis 20° bildet. Die stärkern Längsstreifen dagegen sind

[redacted]

stellenweise parallel, wohl auch nach einer Seite fächerförmig aus einander weichend und dabei sich verzweigend; meistens aber sind sie etwas hin und her gebogen, hin und wieder verzweigt und mit einander anastomosirend. Es hat zuweilen den Anschein, als ob die unregelmässigen stärkern aus den zarten gekreuzten Längsstreifen so entständen, dass die einen Linien des *Netzes* in unregelmässiger Zickzackfolge sich weiter entwickelten, die andern unterdrückt würden. — Die starken Längsstreifen sind abwechselnd die einen breit und weisslich, die andern schmal und spaltenähnlich. Die erstern erscheinen *meist* unregelmässig-gegliedert, aus dichten und weichern Stellen bestehend. Zuweilen ist die Gliederung regelmässig und deutlich, und in einzelnen Fällen erkennt man bestimmt, dass dieselbe durch zwei sich kreuzende Systeme von Querstreifen erzeugt wird (Fig. 18). Ob die stärkern Längsstreifen bloss durch ungleiche Dichtigkeit hervorgebracht werden, oder ob dabei auch eine ungleiche Verdickung oder selbst Biegung und Faltung der Membran in's Spiel komme, *muss* ich dahin gestellt sein lassen.

Das farblose Rindenparenchym, welches in Zweigen der Rothtanne (*Abies excelsa*) innerhalb der Epidermis und ausserhalb des grünen *Parenchyms* sich befindet, lässt netzförmige Streifung erkennen. Das Netz besteht aus schmalen rhombischen Maschen und wird in einzelnen Fällen ziemlich deutlich aus zwei Systemen paralleler Streifen gebildet, welche sich unter einem Winkel von 10—20° kreuzen. Das Netz hat fast jede mögliche Neigung zur Zellenaxe, indem es bald steilspiralig, bald flachspiralig, bald horizontal gerichtet ist. Die Richtung übt aber keinen Einfluss auf die Ausbildung des Netzes; dasselbe kann bei jeder Neigung sowohl regelmässig als unregelmässig sein. Bald erscheint es äusserst zart, bald ziemlich stark, als ob es aus wirklichen engen Netzfasern gebildet würde.

Die beiden Streifensysteme, deren Kreuzung das Netz hervorbringt, scheinen in der gleichen Fläche zu liegen. In der Regel bilden sie die einzige Zeichnung der dünnen Wandung zwischen zwei Zellen, so dass wahrscheinlicher Weise nur in der einen der beiden mit einander vereinigten Membranen die Streifung ausgebildet ist. — Diese Ansicht wird dadurch plausibel gemacht, dass zuweilen ausser der genannten netzförmigen Streifung noch eine zweite zärtere Streifung, die in entgegengesetzter Richtung verläuft, beobachtet wird. Von derselben blieb es zweifelhaft, ob sie ebenfalls netzförmig und aus zwei sich kreuzenden Systemen gebildet sei oder nicht.

Ganz ähnliche netzförmige Streifung kommt auf der Wandung der Gefässe im Holze der Pappelwurzel vor. Ich werde später dieselbe näher beschreiben.

3. Epidermiszellen der Phanerogamen.

Ich spreche hier nur von der Aussenwand der Epidermiszellen, welche zum Theil sich analog wie die übrigen Membranen des Parenchyms, zum Theil etwas abweichend verhält. Ihre Seitenwandungen unterscheiden sich nicht von den im Innern des Gewebes liegenden Zellen.

Der Längsschnitt durch das Blatt von Hyacinthus orientalis *Lin.* zeigt auf der äussern Wand der Oberhautzellen sehr zarte und äusserst regelmässige, genau parallele und häufig gleichweit von einander entfernte Querstreifen, welche die Membran rechtwinklig durchbrechen (Fig. 16). Wenn sie am stärksten ausgebildet sind, so ist der einzelne nicht über 1,2 Mik. breit; häufig sind sie beträchtlich schmäler. Diese Querstreifen reichen nach aussen bis zu der innersten Schicht, welche viel dichter als die übrige Zellwand ist, und wegen der sie kreuzenden Querstreifen oft einer Reihe von Knötchen gleicht. In der übrigen Membran sind sie zwar schwächer ausgebildet, aber doch treten sie

oft noch deutlicher hervor als die äusserst zarten Schichten, welche man in der Zahl von 2 bis 5 zwischen der innersten und der Cuticula beobachtet.

Auf frischen Längsschnitten ist die innerste dichte Schicht meist etwas gekerbt (Fig. 16). Die Kerben sind zuweilen sehr schmal und gedrängt, zuweilen breiter. Im erstern Falle trifft jeder weiche Querstreifen, im zweiten je der zweite, dritte, vierte u. s. w. auf eine Einkerbung. Lässt man die Schnitte austrocknen, so wird die Kerbung viel stärker. Entfernt man die übrigen Membranen, so dass die Aussenwand der Epidermis isolirt ist, so krümmt sie sich, mit Wasser befeuchtet, stark nach aussen und die Kerben der innersten Schicht verschwinden gänzlich oder doch grösstentheils.

Betrachtet man die Oberhautzellen von der Fläche (Fig. 17), so erscheinen etwas gebogene, hin und wieder verzweigte Querstreifen, welche den Kerben des Profils entsprechen. Die einen sind breiter und bläulichweiss, die andern schmal, spaltenförmig und röthlich; jene stellen die Erhabenheiten, diese die Einschnitte der Kerbung dar. Trocken ist diese Streifung ebenfalls viel stärker und deutlicher als im befeuchteten Zustande. Ausserdem kommen auch zarte Längsstreifen vor (Fig. 17).

Die innere Wand der Epidermiszellen, sowie noch tiefer liegende Wände des Gewebes zeigen zuweilen, wie ich bereits oben bemerkt habe, ganz ähnliche Querstreifung sowohl im Profil als in der Flächenansicht.

Die Epidermiszellen der trockenen, reifen Fruchtwandung von Fedia Cornucopiae *Vahl.* erheben sich nach aussen mehr oder weniger kegelförmig. Von der Fläche betrachtet, lässt die Aussenwand zarte radiale Streifen wahrnehmen, welche sich nach aussen verzweigen. Der Querschnitt durch die Aussenwand zeigt Streifung, welche rechtwinklig durch die Membran geht und an der dünnen Cuticula aufhört.

Sie ist die Profilansicht der auf der Flächenansicht undeutlichen concentrischen Streifen.

An der Epidermis des Blattes von Agave americana *Lin.* (Fig. 11) bildet die Cuticula (die sog. Cuticularschichten) eine dicke Membran (c), welche nach innen starke Fortsätze zwischen den äussern Theil der Epidermiszellen ausschickt. Innerhalb der Cuticula und zwischen jenen Fortsätzen derselben befindet sich der unveränderte Theil der Aussenwand, in welchen das kegelförmige Lumen hineinragt. Die innerste Schicht der Cuticula und ihrer Fortsätze ist dichter, zuweilen etwas wellenförmig oder gekerbt; die letztern bestehen manchmal bloss aus zwei Blättern dieser dichten Schicht. Sie sind auf Durchschnitten quergestreift und zwar besonders deutlich an der dichten Grenzschicht, während in der mittleren weichern Masse die Streifung mehr oder weniger zurücktritt. Von der übrigen Cuticula ist nur die innere Grenzschicht zuweilen quergestreift (a).

Der nicht cuticularisirte innere Theil der Wandung ist oft deutlich geschichtet und die Schichten rechtwinklig von Streifen durchsetzt, welche sich an die Querstreifen der Cuticulafortsätze anschliessen und als deren Fortsetzungen zu betrachten sind. Diese Querstreifung fällt besonders an der innersten dichtern Schicht in die Augen, welche in eine Reihe von Knötchen aufgelöst ist (b). Es kann auch eine einzelne Schicht zwischen den übrigen durch Dichtigkeit sich auszeichnen und die nämliche schöne Querstreifung zeigen. — Die kegelförmige Verlängerung der Zellhöhlung ist auf der Flächenansicht mit Streifen gezeichnet, welche von den im Profil sichtbaren Knötchen der innersten Schicht ausgehen und denselben entsprechen (d). — Die dünnen Seitenwände der Epidermiszellen lassen im Profil die Querstreifung oft eben so schön sehen, wie die innerste Lamelle der Aussenwand, als deren Fortsetzung sie sich kundgeben.

Es giebt verschiedene Epidermiszellen, die in dem in-

nern Theile ihrer Aussenwand Linien erkennen lassen, welche die Schichten quer durchsetzen. Sie sind von Mohl an Hakea abgebildet (Vermischte Schriften Taf. X. Fig. 18) und als Tüpfelkanäle erklärt, auch dazu benützt worden, um weitere Schlüsse für die morphologische Deutung des betreffenden Membrantheiles zu ziehen. Schacht zeichnet sie ebenfalls an verschiedenen Pflanzen (Ilex, Gasteria, Hakea, Hechtia, vgl. Anat. Phys. Taf. III) und nennt sie Tüpfelkanäle.

Ich habe diese Erscheinung nur an den Blättern von Hakea untersucht, hier aber mich von der Unrichtigkeit der bisherigen Deutung überzeugt. Bei Hakea pectinata *Dum.* sind die Epidermiszellen in der Axenrichtung der Blattlappen verlängert, und es zeigen Quer- und Längsschnitt in besondern Fällen ein ungleiches Verhalten der porenähnlichen Querstreifen. Auf Querschnitten ist der innere gestreifte Theil der Aussenwand gewölbt und die Streifen in der Mitte am stärksten und längsten (Fig. 14). Auf Längsschnitten zeigt sich der innere Theil der Wandung an den beiden Enden am mächtigsten und mit Streifen versehen; in der Mitte ist derselbe dünner und nicht oder kaum gestreift (Fig. 15).

Auf der Flächenansicht (Fig. 13) bieten diese Streifen eine sehr mannigfaltige Zeichnung dar. Im Allgemeinen sind es verzweigte und anastomosirende Linien von etwas geschlängeltem Verlaufe und mehr oder weniger radienförmiger Anordnung. Oft gehen sie von einem centralen oder excentrischen Mittelpunkte aus. In sehr langgestreckten schmalen Zellen können die Streifen um zwei Mittelpunkte gruppirt sein, welche sich nahe den Zellenenden befinden und durch parallele Längsstreifen verbunden sind, an die sich zuweilen noch zarte Querstreifen seitlich anschliessen. Solche Zellen entsprechen der in Fig. 15 gegebenen Abbildung.

Bei Hakea Baxteri *R. Br.* sind die Streifen des

Querschnittes besonders stark, mangeln aber dem innersten nicht cuticularisirten Theile der Zellmembran (Fig. 20). Die Flächenansicht ist ähnlich wie bei H. pectinata, und sind die Zeichnungen womöglich noch mannigfaltiger und unregelmässiger (Fig. 19). Gewöhnlich sind es die schmälern, spaltenähnlichen Streifen von röthlicher Farbe, welche sich verzweigen und mit einander anastomosiren, seltener die breitern weisslichen Streifen.

Dass diese Streifen in der Aussenwand der Epidermis bei Hakea, und ohne Zweifel auch bei andern Pflanzen, keine Porenkanäle sind, ergiebt sich unzweifelhaft aus der Flächenansicht. Dagegen muss ich unentschieden lassen, ob es Lamellen aus weicherer Substanz oder wirkliche Risse seien, welche durch ungleiches Wachsthum oder durch das Austrocknen veranlasst wären.

Erklärung der Tafeln.

Die in ( ) eingeschlossenen Ziffern geben die Vergrösserung an.

1, 2. Constructionen, um aus dem Abstand und der Neigung der primären Streifen gegen einander den Abstand und die Neigung der secundären Streifen zu bestimmen (Pag. 28).

3—7. Schematische Darstellung von gestreiften Flächen (Pag. 13).

8. Schematische Darstellung eines kleinen aus einer Zellmembran in Gedanken herausgeschnittenen Stückes (Pag. 17).

9 (900). Zellmembran von Chamaedoris annulata *Montagne* von der Fläche gesehen (Pag. 31).

10 (900). Dieselbe im Querschnitt (Pag. 34).

11 (1200). Querschnitt durch die Aussenwand der Epidermiszellen des Blattes von Agave americana *Lin.* (Pag 42.) c Cuticula; a innerste Schicht derselben; b die innerste Schicht des nicht cuticularisirten Theils der Membran; d Streifung dieser Schicht von der Fläche gesehen, auf der hintern Seite der kegelförmigen Ausbuchtung der Zellhöhlung; e seitliche Wand zwischen zwei Epidermiszellen.

12 (750). Epidermiszelle des Blattes von Hakea pectinata *Dum. Cours.* parallel der Oberfläche durchschnitten (Pag. 43) p Porenkanäle.

1.

A

B

C

a

b

c

6

d. w.

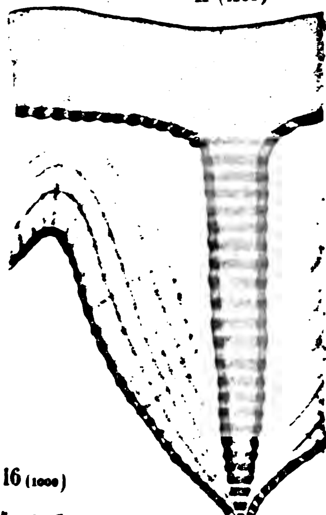
t

8

d. w. d.

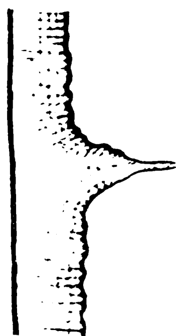
d. w. d.

11 (1200)

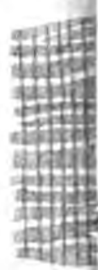


c

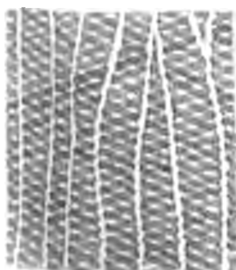
16 (1000)



17



18 (1200)







13 (500). Zwei Epidermiszellen der gleichen Pflanze, von aussen gesehen (Pag. 43).

14 (500). Querschnitt durch solche Epidermiszellen mit den porenähnlichen Streifen (Pag. 43).

15 (500). Längsschnitt durch dieselben (Pag. 43).

16 (1000). Aussenwand der Oberhautzellen im Längsschnitt des Blattes von Hyacinthus orientalis *Lin.* (Pag. 40).

17 (1000). Die nämliche Zellmembran im trockenen Zustand von der Fläche gesehen (Pag. 41).

18 (1400). Zellmembran aus dem Fruchtfleische von Hymenaea Courbaril *Lin.* von der Fläche (Pag. 38).

19 (1000). Epidermiszellen des Blattes von Hakea Baxteri *R. Br.*, von aussen gesehen (Pag. 43).

20 (700). Dieselben im Querschnitt mit den porenähnlichen Streifen (Pag. 43).

21 (1000). Innere Samenhaut von Platypodium spec.; man sieht eine Zellmembran von der Fläche, die übrigen im Durchschnitt (Pag. 37).

---

17. Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembranen (Schluss).

(Taf. III—V.)

(Vorgetragen den 9. Juli 1864.)

[redacted]



(Fig. 12, 13); zuweilen erscheint die äusserste und die innerste Schicht etwas dichter. Auf dem Querschnitt zeigen sich die Schichten viel deutlicher; die innersten sind stark verbogen (Fig. 12), indem sie in tangentialer Richtung mehr aufquellen als die äussern. Die Verbiegungen werden nach aussen allmählich schwächer. — Von der Fläche angesehen (Fig. 13), erscheint der Gallertschlauch gestreift. Die Streifen sind parallel, hin und wieder mit einer Verzweigung, spiralförmig, meistens südostdrehend (linkswendig); aber sie haben in verschiedener Tiefe eine etwas verschiedene Lage. An der Oberfläche sind sie sehr wenig ansteigend, oft beinahe horizontal und dabei ziemlich gerade oder nur schwach geschlängelt; der Rand des Gallertschlauches erscheint zuweilen fein gekerbt: die Kerben entsprechen den äussersten Streifen. Die Streifen der mittleren Schichten sind steiler und mässig hin und hergebogen. Die der innersten Schichten zeigen oft sehr starke zickzackförmige Biegungen und beschreiben in der Regel auch die steilste Spirale. Der Winkel, den diese Spirale mit der Axe bildet, beträgt 45° und weniger. Der zickzackförmige Verlauf der Streifen auf der Flächenansicht (er ist in Fig. 13 durch die punktirten Linien angedeutet) hängt mit den Verbiegungen der innern Schichten im Querschnitt zusammen.

Die Breite eines Spiralstreifens variirt von 0,6 bis 1,2 Mik.; sie beträgt im Durchschnitt 0,9 Mik. Die Gallertschläuche haben eine Länge von 700 Mik.; vor dem Aufquellen war die trockene Substanz derselben in den Epidermiszellen 110 Mik. lang. Daraus folgt, dass die Streifen vor dem Aufquellen eine durchschnittliche Breite von 0,14 Mik. einnahmen.

Die Oberhautzellen der Früchte von Lallemantia peltata *Fisch. et Mey.* und von Dracocephalum Moldavica *Lin.* verhalten sich wie bei Ocimum. Wenn die Schichten besonders entwickelt sind, wie es bei Lallemantia

beobachtet wurde, so werden sie von den sie kreuzenden Spiralstreifen in eine Reihe getrennter Knötchen zerlegt.

Es ist bekannt, dass die Epidermiszellen der Fruchtwandung von Salvia, mit Wasser befeuchtet, Gallertschläuche heraustreten lassen, in denen ein oder mehrere Spiralbänder eingeschlossen sind. Bei Salvia Aethiopis *Lin.* lässt der Schlauch sehr zarte Schichten und in der Flächenansicht äusserst zarte Querstreifen wahrnehmen, welche wahrscheinlich flach ansteigende Spiralen sind (Fig. 10). Das eingeschlossene Spiralband windet sich südöstlich (links); es ist breit und spaltet sich stellenweise in zwei, die sich weiterhin wieder in eines vereinigen (Fig. 10). Oft auch ist das breite Spiralband bloss mit einer Mittellinie, welche einer weichen Schicht gleicht, versehen, als ob es sich zur Spaltung anschickte. Es kann ferner, wenn die beiden Hälften ungleich sind, die breitere, oder es können auch beide Hälften von ähnlichen aber etwas schwächeren halbirenden Längslinien durchzogen werden. Im letztern Falle beobachtet man also drei streifenartige Längslinien auf dem Bande, welche eine Spaltung desselben in vier Bänder andeuten.

Im trockenen Zustande liegen die Windungen der Spiralfaser dicht aneinander und bilden eine scheinbar ununterbrochene Schicht der Zellwandung. Es ist diese Bildung auch wirklich als Lamelle der Membran, welche nachher spiralförmig zerreisst, und nicht etwa als enggewundene Spiralfaser zu deuten, wie das bereits von Hofmeister geschehen ist (Berichte der k. sächs. Gesch. d. Wiss. 20. Febr. 1858). Diese Lamelle ist mit sehr niedergedrückten Spiralstreifen versehen, und wird, da sie nur wenig aufquillt, von dem umgebenden Gallertschlauch auseinander gezogen, wobei die Trennung an den weichen Streifen erfolgt. Die Abrollung des Spiralbandes ist daher immer sehr unregelmässig, indem die einen Partieen weniger, die andern mehr sich abrollen. Gewöhnlich bleibt eine Stelle des Bandes,

welche etwa der ursprünglichen Länge der Zelle entspricht und den Primordialschlauch sammt dem Inhalt umschliesst, ziemlich enggewunden, indess das Band daneben fast gerade ausgezogen ist. Diese wenig abgerollte Partie befindet sich häufig in der Mitte, zuweilen auch nahe dem Grunde oder nahe der Spitze des ganzen Bandes.

Die innere Lamelle der Epidermiszellen, welche in das Spiralband zerrissen wird, ist unregelmässig-prismatisch mit vorspringenden Kanten und einspringenden Seiten, wie die Flächenansicht der abgelösten Epidermiszellen zeigt (Fig. 11). Diese prismatische Gestalt hat auch das abgelöste Spiralband mehr oder weniger beibehalten und zeigt ausser den Knötchen am Rande noch solche innerhalb desselben (Fig. 10).

Die Fruchtschale von Salvia Horminum *Lin.* verhält sich ähnlich wie bei S. Aethiopis, weicht jedoch in einzelnen Partieen ab. Der Gallertschlauch (Fig. 1) ist weniger dickwandig, dabei deutlicher geschichtet und deutlicher gestreift. Die Spiralstreifen sind flachansteigend und wenden sich wie die eingeschlossenen zwei Spiralbänder südöstlich (links). Diese bleiben anfänglich beisammen und rollen sich mit einander ab; nachher aber trennen sie sich von einander.

Die Spiralbänder von Salvia Horminum zeichnen sich durch ihre beträchtliche Dicke (Tiefe) aus. Sie bilden, solange die Windungen sich noch berühren, eine Lamelle von ziemlicher Mächtigkeit, an der man selbst bis auf vier Schichten erkennt. Diese Lamelle zerreisst in ihrer ganzen Dicke und stellt die beiden Spiralbänder dar, welche drei- bis fünfmal so dick als breit sind und daher die Form einer wendeltreppenartigen, in die Höhlung hineinragenden Platte haben. Das Profil der Längsansicht zeigt sie als nach innen gerichtete Stäbchen (Fig. 1), welche in einzelnen deutlichen Fällen zartgegliedert erscheinen und aus drei bis

vier dichtern Knötchen, die durch weiche Substanz getrennt sind, bestehen (bei a). Diese Gliederung ist nichts anderes als die Schichtung der sich in die Spiralbänder spaltenden Lamelle, deren ich bereits erwähnt habe. Von diesen Schichten ist die äusserste die dichteste; oft ist sie im aufgequollenen Zustande allein deutlich. Die Bänder zeigen dann im Profil nur ein dichtes rundliches Knötchen auf der äussern Seite, indess die übrige Masse als ein zarter weicher Anhang erscheint. — Wenn die Bänder sich ganz abrollen, so kann man sie flach legen und dann ihre äusserst zarte Schichtung als abwechselnd dichtere und weichere Längsstreifen beobachten (Fig. 1 bei b).

Nach Hofmeister (l. c. p. 28) soll es in manchen Fällen „überaus deutlich sein, dass innerhalb des Schraubenbandes noch eine Schicht zu Gallerte aufgequollener Membransubstanz liege". Diess stimmt durchaus nicht mit meinen Beobachtungen überein, so dass ich im Zweifel bin, ob wir beide das gleiche Objekt hatten. Die Zeichnung Hofmeisters giebt seine Anschauung sehr bestimmt wieder, ist aber wenig genau und charakteristisch, wenn sie die Zellen meiner Früchte darstellen sollte. Ich kann den Widerspruch nicht lösen, will aber doch auf zwei Erscheinungen hinweisen, welche möglicher Weise zu einem Irrthum führen können.

Die eine Veranlassung zur Täuschung liegt in dem Umstande, dass, wie ich schon sagte, das plattenartig nach innen vertiefte Schraubenband zuweilen nur in seinen äussersten Theilen aus dichter Substanz besteht, nach innen aber weich und undeutlich begrenzt ist. Es kann selbst diese innere Partie bloss als ein schwacher Schimmer sichtbar werden. — Die andere Veranlassung zur Täuschung besteht darin, dass die Zellen und ebenso die Spiralbänder eine prismatische, meistens sechsseitige Gestalt haben. Die Kanten des Prismas zeigen desswegen, wie das auch an andern

prismatischen Zellen und Gefässen oft sehr deutlich ist, noch innere Conturen und in einzelnen Fällen können diese Conturen ganz den Anschein gewähren, als ob eine weiche gallertartige Verdickung sich im Innern befände.

Um die Zellen langsam aufquellen zu lassen, was für die genaue und sorgfältige Untersuchung nothwendig ist, und um zugleich die einzelnen Theile deutlicher zu sehen, thut man gut, wenn man das trockene Präparat in wasserarme Jodtinktur bringt und dann Jodwasserstoffsäure zusetzt. Dabei färben sich die Gallerte und die Bänder violett; sicherer tritt die Färbung ein, wenn man das Präparat zuerst mit alter Jodtinktur eintrocknen lässt und dann mit Jodwasserstoffsäure befeuchtet.

Der Gallertcylinder, welcher aus den Zellen der Samenoberhaut von Collomia (C. heterophylla *Hook.*, C. coccinea *Lehm.*, C. linearis *Nutt.* verhielten sich ganz gleich) heraustritt, enthält ein südwestlich (rechts) gewundenes Spiralband. Dasselbe wird stellenweise breiter und spaltet sich dann in zwei; stellenweise wechselt es auch mit Ringbändern ab. Manchmal zweigen sich von dem Spiralband einzelne dünnere Fäserchen ab, welche eine Strecke weit getrennt verlaufen und dann wieder sich mit demselben vereinigen, oder welche auch, wenn zwei Bänder vorhanden sind, zwischen denselben hinziehen und sich mit den Enden an das eine und andere ansetzen. Diese Fäserchen sind bisweilen so zart, dass man sie kaum sichtbar machen kann. In einzelnen Fällen war es sicher, dass sie sich seitlich mit dem Hauptband vereinigten. Ob sie auch, wie es andere Male schien, von der inneren Fläche desselben abgehen können, muss ich zweifelhaft lassen.

Die Substanz des Gallertschlauches ist sehr weich und lässt nicht immer und nur äusserst zarte Streifung erkennen. — Wenn das Spiralband durch Schwefelsäure oder Kupferoxydammoniak aufquillt, so zeigt es sich der Länge

nach d. h. parallel den Rändern gestreift. Die Streifen erscheinen, wie gewöhnlich, abwechselnd dichter und weicher. Man zählt an einem Band innerhalb der dichten Ränder drei bis sechs dichte Streifen. Ausserdem sieht man hin und wieder sehr zarte schiefe Streifung, zuweilen selbst zwei sich kreuzende Systeme von schiefen Streifen (Fig. 2).

Die Haare auf den Samen einiger Acanthaceen zeichnen sich bekanntlich dadurch aus, dass die Ring- und Spiralbänder den aufquellenden Gallertcylinder umschliessen und nicht abgerollt werden. Ich untersuchte vorzüglich Dipteracanthus ciliatus *Nees*. Auffallender Weise sagt Hofmeister (l. c. p. 27) von Ruellia ciliata (ohne Autor), dass deren Samenhaare keine aufquellenden Schichten enthalten. Dipteracanthus Schauerianus *Nees*. verhält sich ganz wie D. ciliatus. Zweckmässig ist es auch hier, das trockene Präparat mit Jodtinktur zu übergiessen und dann sogleich oder nach vorgängigem Eintrocknen Jodwasserstoffsäure zuzusetzen, wobei sich die Scheide mit den Ringbändern gelb, die Gallerte violett färbt.

Die einzelligen Haare sind cylindrischfadenförmig, nach der Spitze verschmälert. Eine äussere dünne Membranschicht oder Scheide besteht aus dichter, nicht aufquellender Substanz; sie ist in regelmässigen Entfernungen mit stark nach innen vorspringenden Ringfasern derselben Beschaffenheit besetzt, welche stellenweise in kurze Spiralen übergehen oder durch Spiralbänder verbunden sind. Diese Spiralen sind bald rechts, bald links gewunden. Die Bänder haben ein beinahe kreisrundes Profil mit einem Punkt im Centrum. Die Höhlung innerhalb dieser äusseren mit Ringfasern besetzten Scheide ist beinahe vollständig mit einer quellungsfähigen Substanz ausgefüllt. Bei Berührung mit Wasser reisst die Scheide und der Gallertschlauch tritt heraus (Fig. 3). Derselbe hat ein sehr enges, fadenförmiges Lumen, das einen dünnen Plasmastrang umschliesst.

Der Gallertschlauch ist zartgeschichtet, was man besonders in der Queransicht sieht. Die äusserste Schicht ist meistens viel dichter und doppelt conturirt, während die innern Schichten äusserst fein und bloss als einfache Linien sichtbar sind. Zuweilen jedoch treten auch einzelne innere Schichten (in der Zahl von 1 bis 4) stärker hervor, ohne jedoch die Dichtigkeit und Dicke der umschliessenden Schicht zu erreichen (Fig. 4). Zuweilen auch erscheint die ganze innere Masse homogen und strukturlos, so dass man nur die äusserste Schicht unterscheiden kann (Fig. 5).

Die Längsansicht des Schlauches zeigt spiralige Streifung, welche sich gewöhnlich auf die äusserste dichte Schicht beschränkt. In einzelnen Fällen beobachtet man auch äusserst zarte Spiralstreifen im Innern, und zwar dann, wenn hier einzelne Schichten besonders mächtig und dicht geworden sind. Aber von diesen innern Streifen kann ich weiter nichts als deren Vorhandensein aussagen, da es mir nicht möglich war, etwas über deren Verhalten weiter zu ermitteln.

Was nun die Streifen der äussern Schicht betrifft, so beschreiben dieselben äusserst flache südwestliche (rechtswendige) Spiralen. Der Winkel, den dieselben mit der Horizontalen bilden, beträgt nicht mehr als 3 bis 6° (mit der Axe 87 bis 84°). Nur selten sind sie ziemlich gerade, meistens mehr oder weniger geschlängelt, und oft selbst sehr stark verbogen (Fig. 3, 6, 7). Diese Verbiegungen der Streifen auf der Längsansicht werden durch die Einfaltungen der Schichten hervorgebracht, die man auf vielen Querschnitten sieht. Bald sind es nur die innern Schichten, welche hin- und hergebogen sind (Fig. 4), bald zeigt aber auch die äusserste Schicht diese Erscheinung (Fig. 5), und im letztern Falle beobachtet man den unregelmässigen Verlauf der Streifen auf der Längsansicht. — Oft können diese

Spiralen in ein aus 4—6 Streifen bestehendes Band abgerollt werden (Fig. 6 und 7 bei a).

Die Verbiegungen der Spiralstreifen machen es sehr schwer, ihren wahren Verlauf zu erkennen. Häufig gewähren sie den Anschein von übereinander geschichteten glockenförmigen Kappen (Fig. 7); eine genaue Untersuchung zeigt aber, dass diese Kappen die verbogenen Windungen der zugekehrten Fläche sind und in die Windungen der abgekehrten Seite übergehen. Die sichere Bestätigung dieser Anschauung ergiebt sich sogleich, wenn es gelingt, die Spiralstreifen abzurollen (Fig. 7, a). Wenn ich nicht irre, ist diess die gleiche Erscheinung, die Hofmeister an andern zu Gallerte aufquellenden Zellen beschreibt, für die er aber eine unrichtige Deutung beibringt.

Ich bemerke noch, dass der aus der Scheide heraustretende Gallertschlauch zuweilen enger ist als jene, und soweit er in ihr steckt, sie nicht ganz ausfüllt. Aus der Thatsache, dass der Schlauch häufig gerade den Durchmesser der Scheide hat (wie in Fig. 3), könnte man leicht zu dem Schlusse sich verleiten lassen, die eingeschlossene Substanz quelle nur in der Längsrichtung, nicht auch in die Dicke auf. Es wäre diess bei einer so enormen Wassereinlagerung höchst auffallend. Bei dieser Deutung würde aber eine Erklärung für diejenigen Fälle mangeln, wo die aufgequollene Substanz die Scheide nicht mehr ausfüllt, während sie im trockenen Zustande den ganzen Raum einnahm. Diese Fälle lassen sich nur durch die Annahme erklären, es sei die Einlagerung der Wassertheilchen in der Art erfolgt, dass durch dieselbe eine stärkere Krümmung der Spiralstreifen bewirkt wurde. Mit dieser stärkern Krümmung ist selbstverständlich eine Verkürzung des Krümmungshalbmessers, also eine Abnahme des Cylinderdurchmessers verbunden. Letztere ist so gross, dass sie in den meisten Fällen der Quellung in den transversalen Richtungen das



Gleichgewicht hält, zuweilen aber dieselbe noch übertrifft. In Zahlen lassen sich diese Verhältnisse jedoch nicht ausdrücken, solange nicht die Neigung der Spiralstreifen und ihre Breite vor und nach der Quellung genau bekannt ist.

Die Samen von Ruellia strepens *Lin.* und R. formosa *Andr.* verhalten sich im Wesentlichen wie Dipteracanthus. Nur ist die Wandung der Gallertschläuche beträchtlich dünner und deren Lumen weiter. — Die Scheide zeigt sich, wenn sie noch nicht ganz aufgequollen ist, in der Längsansicht zwischen den Ringbändern gefaltet, ein Beweis, dass sie nur sehr wenig Wasser einzulagern vermag. Scheide und Bänder lösen sich nicht in Kupferoxydammoniak, quellen auch nicht einmal sichtbar darin auf.

5. Baumwollenfasern.

Lässt man die Baumwollenfasern aufquellen, z. B. durch Schwefelsäure, so tritt an denselben Spiralstreifung hervor. Die Wendung ist bald rechts bald links; es kommt selbst nicht selten vor, dass sie an der nämlichen Faser wechselt (Fig. 8). — Die Spiralstreifen der äussern Membranschichten steigen im Allgemeinen weniger steil empor als die der tiefern Schichten, jene bilden z. B. mit der Zellenaxe einen Winkel von 55°, diese von 25°. Die Richtung der Streifen kann aber in der nämlichen Schicht auf kurze Strecken ziemlich beträchtlich variiren. So sah ich an der Oberfläche der Zelle eine Neigung von 40° zur Axe sehr rasch in eine Neigung von 65° übergehen, wobei eine reichliche Verzweigung der Streifen nach einer Seite hin stattfand. — Die Streifung ist zart aber deutlich. An der Oberfläche befinden sich breitere Bänder, denen schwache Hervorragungen am Rande entsprechen. Unmittelbar innerhalb derselben sieht man aber die gewöhnliche Streifung mit der ganz gleichen Richtung.

Bisweilen beobachtet man an einer Baumwollenfaser

nur Streifen der nämlichen Wendung. Häufiger jedoch wird noch ein zweites, meist etwas schwächeres System sichtbar, welches sich mit jenem kreuzt und oft eine etwas andere Neigung zur Zellenaxe hat. Beide Systeme können auch gleich deutlich sein, oder es kann selbst bei verschiedenen Einstellungen bald das eine, bald das andere stärker hervortreten. Es giebt Baumwollfasern, deren Aussehen dafür zu sprechen scheint, dass in den äussern und in den innern Schichten die Streifen eine entgegengesetzte Wendung haben. An andern sieht man dagegen, wenn man mit dem Focus langsam von der Oberfläche bis zur Axenfläche vordringt, die Wendung mehrmals wechseln. Endlich beobachtet man Fasern, an denen jede der beiden Streifungen bei Veränderungen des Focus ihre Deutlichkeit und Schärfe behält oder in gleichem Grade verändert. Diess spricht dafür, dass die Streifen in jeder einzelnen Schicht sich kreuzen und dass die Rhomben, welche man sieht, nicht nur scheinbar, sondern wirklich vorhanden sind.

Wenn man die Baumwollenfasern in Schwefelsäure aufquellen lässt, so werden dieselben gedreht. Da die Faser flachgedrückt ist, so gleicht sie bei starker Drehung einem aus zwei Stricken, die sich umeinander winden, bestehenden Seil. Dabei beobachtet man, dass die Drehung an verschiedenen Fasern ungleich gewendet ist, oder dass sie an der nämlichen Faser wechselt. Sie ist constant der Wendung der stärkern Spiralstreifen, welche auch schon in Wasser sichtbar werden, entgegengesetzt (Fig. 9).

6. Holzzellen der Coniferen.

Ich habe meine Untersuchungen vorzugsweise an Abies excelsa *Poir.* angestellt, bemerke aber, dass Pinus sylvestris *Lin.* sich ganz ebenso verhält. Im Allgemeinen ist im unveränderten Zustande nicht viel über die innere Structur der Holzzellen zu sehen. Mit Ausnahme von besonders



günstigen Partieen werden in Wasser gewöhnlich nur einzelne stärkere Streifen sichtbar. Die geringe Quellung, welche die Holzzellen bei der Maceration in Salpetersäure oder Salpetersäure und chlorsaurem Kali erfahren, schliesst weitere Verhältnisse auf, und dieses Verfahren gewährt überdem den Vortheil, dass die Zellen isolirt werden und daher von verschiedenen Seiten beobachtet werden können. Zur vollständigen Erkenntniss des innern Bau's ist es aber nöthig, die Membranen noch durch stärkere Mittel aufquellen zu lassen. Hiezu eignet sich Schwefelsäure am besten; dabei ist es zweckmässig, die optische Wirkung dadurch zu erhöhen, dass man die Holzzellen zuerst mit Jodtinktur behandelt, indem durch die ungleiche Einlagerung der Jodtheilchen eine ungleiche Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Streifen gegen die Schwefelsäure und eine ungleiche Intensität der Färbung bewirkt und dadurch der Contrast gesteigert wird.

Die Erscheinung, die dem Beobachter an altem Fichtenholz am häufigsten entgegentritt und die auch hier sich am besten studiren lässt, sind die Ringstreifen. Man sieht sie sowohl an Holzzellen, die im Wasser liegen, als an solchen, die etwas aufquellen. Besonders deutlich sah ich sie oft bei Behandlung mit wenig concentrirter Schwefelsäure hervortreten, ehe ein eigentliches Aufquellen stattfand. Sie sind wohl von allen Beobachtern wahrgenommen, aber irrthümlicher Weise für Spiralstreifen oder Spiralfasern gehalten worden. Es sind Querstreifen, die meist mehr oder weniger schief, seltener rechtwinklig über die horizontalliegende Holzfaser verlaufen (Fig. 14, 15, 17). Man sieht dieselben bei jeder Einstellung des Focus von der zugekehrten bis zur abgekehrten Fläche, sowohl in der Mitte als zu beiden Seiten.

Dass es keine Spiralstreifen sein können, wofür man sie bei oberflächlicher Beobachtung wohl halten kann, er-

giebt sich ganz sicher aus der Thatsache, dass dieselben, wenn nur ein System ausgebildet ist, sowohl rechts als links, sowohl auf der zugekehrten als auf der abgekehrten Fläche nach der gleichen Seite geneigt sind. Es kommt hin und wieder vor, dass an einer sonst glatten Stelle der Holzfaser nur ein einzelner Streifen vorhanden und besonders deutlich entwickelt ist. Derselbe stellt sich als eine schief über die ganze Breite der Zelle verlaufende gerade Linie dar, welche bei jeder Einstellung die nämliche Lage und Richtung behält. Diese Linie ist also nichts anderes als die Profilansicht eines schiefen Durchschnittes durch die cylindrische oder prismatische Faser. Fig. 15 zeigt im obern Theile eine, im untern zwei solcher Linien, die gegen einander geneigt sind. Somit ist der Ringstreifen, körperlich aufgefasst, eine äusserst dünne, ebene Scheibe, welche die Wand der ganzen Zelle durchsetzt.

Diese Scheibe ist immer mehr oder weniger zur Zellenaxe geneigt; die Neigung variirt von 60° bis zu 85°, und beträgt meistens circa 70°. Dreht man die liegende Holzfaser um ihre Axe, so kommt sie einmal in die Lage, wo der Ringstreifen am deutlichsten gesehen wird, und wo er mit der Zellenaxe den kleinsten Winkel bildet (Fig. 14, 15). Bei weiterem Drehen wird er allmählich undeutlicher und nähert sich der horizontalen Lage. Nach 1/4 Umdrehung ist er rechtwinklig zur Zellenaxe und am schwächsten gezeichnet.

Die Ringstreifen zeigen übrigens, wenn sie durch quellende Mittel hinreichend deutlich gemacht wurden, darin eine genaue Analogie mit den Spiralstreifen, dass sie zwei sich kreuzende Systeme darstellen und dass die Streifen jedes Systems unter einander genau parallel und dicht gedrängt sind (Fig. 19). Von diesen beiden Systemen ist häufig das eine etwas stärker ausgebildet als das andere. Ein Streifen des schwächern hat z. B. eine Breite von

1—1,3 Mik.; einer des stärkern Systems ist 1,6—2,7 Mik. breit. Dabei bemerkt man aber zuweilen ziemlich deutlich, dass die breitesten Streifen von einer äusserst zarten röthlichen Mittellinie durchzogen werden. Dieselbe deutet, wie ich glaube, die beginnende Theilung des breiten in zwei schmale Streifen an. In andern Fällen sind die beiden Systeme vollkommen gleich deutlich. Zuweilen entzieht sich das eine gänzlich dem Blicke des Beobachters (Fig. 17, 20).

Von den Streifen des nämlichen Systems sind oft die einen stark, die andern wenig entwickelt. An schwach gequollenen Membranen sieht man daher einzelne schon sehr deutlich, indess die andern sich noch dem Blicke entziehen (Fig. 14). Die stark ausgebildeten Streifen gehören entweder nur einem oder beiden Systemen an und die liegende Holzzelle zeigt im Profil bald vereinzelte Linien, die nach der nämlichen Seite geneigt sind, bald solche, die in entgegengesetzter Richtung sich neigen und sich zu den für die Ringstreifung charakteristischen Figuren V Y X verbinden (Fig. 18). Bei stärkerer Einwirkung des Quellungsmittels werden alle Streifen eines Systems deutlich und von gleicher Stärke.

Die beiden Streifensysteme kreuzen sich gewöhnlich symmetrisch, d. h. die Linie, auf welcher sich zwei Scheiben schneiden, steht auf der Axe der Zelle rechtwinklig. Seltener ist ein System gegen das andere etwas verschoben, doch ist die Abweichung von der symmetrischen Lage nie sehr bedeutend. Bei normalem Verhalten kann man die liegende Holzzelle in eine Stellung bringen, in welcher beide Streifensysteme mit ihren Ebenen senkrecht stehen und daher die grösste Deutlichkeit besitzen. Nach einer Viertelsumdrehung sind beide horizontal. Bei unsymmetrischer Anordnung lässt sich auf einmal nur ein Streifensystem ganz deutlich im Profil sehen; die Zelle muss, um das andere ebenfalls in die verticale Lage und zur grössten Evidenz zu bringen,

etwas gedreht werden. Ferner kann man die Zelle nicht in eine Stellung bringen, wo beide Streifensysteme horizontal und somit parallel wären; sie kreuzen sich immer noch unter einem kleinen Winkel. Eine solche Kreuzung beobachtet man auch bei symmetrischer Anordnung der beiden Systeme, wenn dieselben nicht genau horizontal liegen. Sie gewähren dann den Anschein eines undeutlich gezeichneten, oft unregelmässigen Netzes mit verlängerten rhombenförmigen Maschen (Fig. 21). — Die Ringstreifen haben zwar keine ganz constante Richtung; dennoch scheint im Allgemeinen als Regel zu gelten, dass man sie auf radialen Längsschnitten durch das Holz schiefgekreuzt, auf tangentialen dagegen horizontal über die Zellen verlaufen sieht. Sie sind daher meistens so gestellt, dass das eine System sich nach aussen im Stamme, das andere nach innen neigt.

Um sich von der Beschaffenheit des einzelnen Ringstreifens sowie von der Anordnung der beiden Systeme zu überzeugen, muss man die dickwandigen Holzzellen an der Grenze der Jahrringe zur Untersuchung wählen. Man kann die angegebenen Verhältnisse mit Sicherheit an der unverletzten, wenig aufquellenden Faser beobachten. Doch ist es zweckmässig, auch die Auflösungserscheinungen zu berücksichtigen. Wenn man die durch Maceration in Salpetersäure freigemachten Holzzellen mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, so werden sie angegriffen und nach und nach aufgelöst. Da die äusserste Schicht (sog. primäre Membran) stärker widersteht, so geschieht die Auflösung von den Enden aus und da die Festigkeit der übrigen Substanz von aussen nach innen hin zunimmt, so sind diese Enden conisch zugespitzt (Fig. 17). An der Basis dieses Kegels bildet die „primäre Membran“ einen schwach vorstehenden und (wegen der aufquellenden Substanz) nach aussen gebogenen Rand. Wenn die „primäre Membran“ irgendwo an der Faser eingerissen oder verletzt ist, so

dringt die Schwefelsäure daselbst ein und die Faser zerfällt in zwei Stücke, deren Enden bald wieder die charakteristische Pyramidenform annehmen. Bis an die Spitze dieser Enden nun sieht man die Ringstreifen als schiefe Linien, der beste Beweis dafür, dass sie die angegebene Form und Lage besitzen. In Fig. 17 ist eine in Auflösung begriffene Holzzelle abgebildet, an welcher nur ein Streifensystem sichtbar war.

Ich habe bis jetzt die Ringstreifen mit Rücksicht auf ihr Verhalten zur ganzen Zelle betrachtet. Sehr oft sieht man dieselben nicht in ihrem ganzen Verlaufe sondern nur bruchstückweise. Namentlich ist es das Profil der liegenden Zelle, wo sie manchmal allein sichtbar werden. Sie stellen hier je nach der Lage der Zelle entweder schiefe Linien dar (Fig. 20, wo man nur ein System, Fig. 19, wo man beide Systeme beobachtet), oder sie treten als gerade Querlinien auf (Fig. 28). Bei günstiger Einwirkung des Quellungsmittels kann man in einzelnen Fällen die dichten Areolen sich allmählich von einander trennen und dann in einer wasserhellen Gallerte verschwinden sehen (Fig. 22).

Ausser den normalen Ringstreifen, wie ich sie beschrieben habe, scheint noch eine andere Form vorzukommen, über deren Verhalten ich jedoch sehr wenig weiss. Ich sah einige Male auf jeder der beiden Seiten einer Holzzelle zwei Streifen, die zu einem nach innen geöffneten Winkel vereinigt waren (Fig. 16); sie wurden nur bei mittlerer Einstellung ganz deutlich gesehen, wobei zugleich die innern Enden durch zarte über das Zellenlumen hingehende Querlinien verbunden waren. Bei höchster sowie bei tiefster Einstellung beobachtete man eine mittlere quer über die ganze Zelle verlaufende Linie. Die ganze Figur wurde also durch zwei mit ihren weiten Mündungen einander berührende Trichter gebildet. Ich kann vorerst nichts weiter, als diese einfache Beobachtung mittheilen.

Die Holzzellen der Fichte und Föhre zeigen nicht nur die beschriebenen schiefen Ringstreifen, sondern auch spiralige Streifung; es sind namentlich die innersten 6 bis 12 Jahrringe, an denen sie deutlich ist, sowohl im jugendlichen Zustande an kleinen Zweigen als auch im Alter an grossen Stämmen. Die Spiralstreifen bilden mit der Zellenaxe einen Winkel von 55° und weniger und sind südöstlich (links) gewunden. Sie haben genau die gleiche Neigung, wie die spaltenförmigen Porenkanäle (Fig. 23, 24). Dabei gehen die Streifen selten in gleicher Stärke mit den übrigen über die Porenhöfe hinweg, so dass die Porenspalte unmittelbar von starken Spiralstreifen eingefasst ist. Gewöhnlich sind dieselben auf den Höfen zärter, wobei sie entweder, sowie sie den Hof verlassen haben, die Stärke der übrigen erlangen (Fig. 24), oder aber in gleicher Zartheit sich weiterhin über die Zelle fortsetzen. Die Spiralstreifen können auch auf dem ganzen Porenhof oder dem innern Theil desselben, sowie auf der dieser glatten Stelle entsprechenden Spiralzone vollständig mangeln (Fig. 23). — Die genannte Spiralstreifung ist nicht nur an den Seiten der Holzzellen zu sehen, wo diese an andere Holzzellen angrenzen, sondern auch an den die Markstrahlenzellen berührenden Stellen. Sie sind hier im Allgemeinen etwas weniger steil ansteigend und werden oft besonders deutlich da gesehen, wo sie über die Porenhöfe weggehen.

Die Spiralstreifen sind oft sehr schmal und haben kaum eine Breite von 0,7—1 Mik. Zuweilen sind sie viel breiter; namentlich zeigen die weichen spaltenförmigen Streifen ungleiche Stärke. Manchmal sind die letztern abwechselnd stärker und schwächer, so dass die dichten Streifen paarweise genähert sind und den Eindruck machen, als ob sie durch Zerfallen eines breitern in zwei schmale entstanden wären. — An den Spiralstreifen beobachtet man ferner nicht selten Verzweigung, indem einer sich in zwei

Gabeläste theilt und anderwärts zwei Zweige sich zu einem Stamm vereinigen (Fig. 25, a).

Man könnte die Spiralstreifen des Fichten- und Föhrenholzes leicht für zarte Spiralfasern ansehen und sie z. B. mit den Holzzellen von Taxus vergleichen wollen, wo bekanntlich neben den Poren gleichzeitig auch Ring- und Spiralfasern vorkommen. Es giebt aber zwei Thatsachen, welche einer solchen Deutung sich entgegenstellen. Auf dem Querschnitte zeigt sich einmal die innere Membranfläche meistens ganz glatt, namentlich wenn keine merkliche Quellung eingetreten ist. In diesem Falle befinden sich also die Streifen innerhalb der Substanz, und es werden die Spiralen nicht etwa durch verdickte Linien gebildet. Andere Male beobachtet man zwar schwache knötchenförmige Hervorragungen; es ist diess aber eine Erscheinung, welche auch sonst häufig mit der Streifenbildung und zwar nicht nur mit den Spiral- sondern auch mit den Ringstreifen verbunden ist.

Die andere Thatsache, welche die Identifizirung der Spiralstreifen des Fichten- und Föhrenholzes mit den Spiralfasern des Taxusholzes verbietet, ergiebt sich bei der Vergleichung selbst. Wenn man Holzzellen von Taxus baccata durch Schwefelsäure stark aufquellen lässt, bleibt die innerste Schicht ziemlich dicht und zeigt zwischen den Spiralfasern, die man deutlich als Verdickung, oft beinahe als Faltenvorsprünge erkennt, je 4 bis 6 gleichlaufende Spiralstreifen (Fig. 29). Man erhält den Eindruck, als ob einzelne der Spiralstreifen sich zu Fasern ausgebildet hätten. Diese Beobachtung lässt sich sehr schön an solchen Stellen machen, wo keine Poren vorhanden sind. An denjenigen Stellen dagegen, wo zwischen den Spiralfasern sich Poren befinden, beobachtet man häufig während des Aufquellens eine zarte Streifung, welche, wie bei Abies und Pinus, mit den schmalen Porenkanälen parallel läuft, aber sich

mit den Spiralfasern kreuzt. Diese Spiralstreifung hat wie bei der Fichte und Föhre südöstliche, die Spiralfasern haben südwestliche Drehung, nur sehr selten kommt das Umgekehrte vor. Man hat also bei Taxus zweierlei Spiralstreifung zu unterscheiden, eine die mit den Spiralfasern und eine andere die mit den Poren correspondirt. Wenn ich nicht irre, gehört die erstere nur der innersten, die zweite den übrigen Schichten an [2]).

An den Spiralstreifen des Fichten- und Föhrenholzes lässt sich manchmal keine weitere Structur nachweisen. Manchmal indessen sieht man sie beim Aufquellen gegliedert, sie gleichen dann einer Reihe von getrennten dichten Knötchen (Fig. 25). In besonders günstigen Fällen wird auch das zweite System von Spiralstreifen sichtbar, welches eben jenes gegliederte Aussehen verursacht. Es hat ziemlich die

---

2) Vor dem Druck des Manuscripts wurden die Elementarorgane des macerirten Taxusholzes zu andern Zwecken untersucht. Die oben ausgesprochene Ansicht bestätigte sich dabei durch eine weitere Thatsache. Die Holzzellen von Taxus sind doppelter Art. Die einen haben deutliche am Rande knötchenartig vorspringende Fasern, entweder Ringfasern oder 1—2 Spiralfasern, die unter einem Winkel von 15—30° mit der Horizontalen ansteigen, und bald südöstlich, bald südwestlich gewendet sind. Ausserdem besitzen sie verlängerte Poren, welche sich constant südöstlich (links) drehen und mit der Horizontalen einen Winkel von ungefähr 60° bilden. Die andern Holzzellen haben zarte Spiralstreifen in der Zahl von 3—8, welche in Richtung und Neigung genau mit den spaltenförmigen Poren übereinstimmen und im Profil nicht als Vorsprünge wahrzunehmen sind; die Wendung ist beständig südöstlich. Zwischen beiden Arten von Holzzellen giebt es Uebergänge. Wir können also sagen, dass alle mit steil ansteigenden südöstlich gewendeten Poren versehen sind und ausserdem mit Fasern oder Streifen, welche von 30° südwestlicher bis ungefähr 70° südöstlicher Neigung variiren, im letztern Falle mit den Poren parallel laufen und am schwächsten ausgebildet sind.

gleiche Neigung zur Zellenaxe wie das andere System, wendet sich aber nach der entgegengesetzten Seite und ist meistens ziemlich feiner (Fig. 26).

Ich habe bereits bemerkt, dass die Spiralstreifen vorzugsweise in den innersten Jahrringen sichtbar sind. Indessen sieht man sie hier durchaus nicht an allen Zellen. Anderseits zeigen zuweilen auch die Zellen der spätern Jahrringe, namentlich diejenigen des jüngsten, undeutliche spiralige Streifung. Was die Ringstreifen betrifft, so findet man sie am leichtesten in denjenigen Theilen des Holzes, denen die Spiralstreifen mangeln. Doch kommen sie auch gemeinschaftlich mit den letztern vor. Es giebt Holzzellen, an denen man stellenweise die Spiralstreifen, stellenweise die Ringstreifen deutlich sieht. Es giebt selbst solche, an welchen beide Streifenarten auf kürzere oder längere Strecken mit einander vereint auftreten. Die Spiralstreifen sind dann auf der zugekehrten Fläche als zwei schief sich kreuzende Liniensysteme, die Ringstreifen dagegen vorzugsweise am Rande und zwar je nach der Lage der Zelle entweder als ein System von horizontalen, oder als zwei Systeme von sich kreuzenden schiefen Linien sichtbar.

Der Querschnitt aller Holzzellen, es mögen dieselben in der Längsansicht Ringstreifen oder Spiralstreifen oder beide vereint zeigen, erscheint, wenn die Substanz gehörig aufgequollen ist, radial gestreift. Bald bedarf es einer nur geringen, bald einer beträchtlichen Auflockerung, um diese Streifung zu zeigen. Auf Zellen mit fester Substanz muss man eine ziemlich concentrirte Schwefelsäure einwirken lassen. Die äusserste Schicht („primäre Membran") quillt dabei nicht auf, wohl aber wird sie öfters von der innern sich ausdehnenden Masse zersprengt. Von der letztern dehnt sich die innerste Schicht stärker in die Fläche aus als die übrigen, und legt sich, besonders wenn die primäre Membran unverletzt bleibt und die freie Ausdehnung hemmt,

in Falten. Dabei werden radiale Streifen sichtbar, welche bald äusserst fein und zart, bald ziemlich stark und breit sind (Fig. 27). Dieselben verlaufen an den ebenen Seiten der Zelle meistens parallel. An den Ecken und gebogenen Seiten divergiren sie und werden nach aussen zahlreicher und wenn man sie ganz deutlich sieht, so verzweigen sie sich, wobei ein Streifen nach aussen sich in 2—5 theilt. Sie erscheinen alternirend hell und dunkel, indem sie aus dichter und aus weicher Masse bestehen. Die innerste Schicht, welche etwas dichter ist, als die übrige aufgequollene Masse, zeigt sich zuweilen gegliedert und besteht aus einer Reihe von getrennten dichten Knötchen. Diese Knötchen springen zuweilen etwas vor, so dass der Rand feingekerbt erscheint. Von den Vorsprüngen setzen sich die dichten, von den Einkerbungen die weichern Streifen nach aussen fort. Beide sind im wenig veränderten Zustande fast von gleicher Breite, oder die dichten sind wenig breiter. Je mehr aber die Substanz die Wirkung des Quellungsmittels erfahren hat, um so breiter werden verhältnissmässig die dichten Streifen, indess die weichen zu feinen Spalten sich verschmälern. Die äusserste, nicht aufquellende Schicht der Wandung (primäre Membran) lässt in günstigen Fällen ebenfalls zarte Gliederung erkennen. Die Knötchen, in welche sie sich auflöst, sind aber kleiner und gedrängter als diejenigen der innersten Membranschicht. An dieser zählte ich 18—32 Knötchen auf dem ganzen Umfange. — Es geschieht zuweilen, dass die „primäre Membran" an einem freiliegenden Querschnitt einer Zelle zerreisst und dass sich derselbe umstülpt. Dabei quellen die dichten Streifen noch mehr auf und dehnen sich ungehindert in die Breite; sie trennen sich auch hin und wieder von einander. Die weichen Streifen dagegen theils in Folge von mechanischer Trennung, theils von chemischer Auflösung erscheinen nun oft als wirkliche Spalten. — Die

radialen Streifen der Querschnitte haben grosse Aehnlichkeit mit feinen Poren; sie wurden auch von Schacht irrthümlicher Weise als solche erklärt (Anat. Physiol. Taf. 2 Fig. 19).

7. Holzzellen der Laubhölzer.

Die Erscheinungen, die man an den Laubhölzern wahrnimmt, sind im Wesentlichen dieselben wie bei den Nadelhölzern. Doch findet man dort nicht so leicht wie hier Alles bei einer Art vereinigt. Man muss, um zur Vollständigkeit zu gelangen, ein grösseres Material durchmustern. Die Untersuchungen an verschiedenen Arten ergaben 1) Querstreifen ganz in gleicher Weise wie beim Fichtenholz, 2) Spiralfasern und damit parallele Spiralstreifen, 3) ausser diesen Spiralfasern mit denselben sich kreuzende Spiralstreifen und Poren, die in der Richtung mit den Spiralstreifen übereinstimmen, 4) Querstreifen und Ein System von Spiralstreifen, 5) Querstreifen und zwei sich kreuzende Systeme von Spiralstreifen.

Daraus folgt, dass bei den Laubhölzern wie bei den Nadelhölzern in der nämlichen Membran Ring- und Spiralstreifen vereint auftreten, dass die Spiralstreifen in den nämlichen Schichtencomplexen zwei sich kreuzende Systeme bilden, von denen das eine in der Regel deutlicher ausgebildet ist, endlich, dass die stärker entwickelten Spiralstreifen im äussern und innern Theil einer Membran ungleiche Wendung zeigen können, wobei die eine mit den Porenkanälen, die andere mit den Spiralfasern übereinstimmt.

Die Holzzellen von Kerria japonica *DC.* verhalten sich alle gleich. Sie zeigen Poren (ohne Höfe), Spiralfasern und Ringstreifen (Fig. 40). Die hin und wieder verzweigten Spiralfasern haben südwestliche Wendung; die Porenkanäle liegen in sehr steilen südöstlichen Spiralen.

Die Ringstreifen treten in den mit Salpetersäure macerirten und mit Schwefelsäure aufquellenden Membranen stellenweise sehr zahlreich und gedrängt auf. Sie sind besonders im Profil der liegenden Zelle deutlich, meistens nur in einer schiefen Richtung (wie Fig. 40), zuweilen in zwei sich kreuzenden Richtungen. Bei anderer Lage der Zelle sind die Streifen horizontal. Der Winkel, den die Ringstreifen mit der Horizontalen bilden, beträgt 12—20°.

Im Holze von Fagus sylvatica *Lin.* giebt es zweierlei Zellen. Die kleinere Zahl ist weit und wenig dickwandig, mit ab und zu verzweigten Spiralfasern und mit Poren zwischen denselben, welche in entgegengesetzter Richtung geneigt sind. Ueberdem beobachtet man undeutliche Spiralstreifung. — Die meisten Holzzellen sind dickwandig und mit deutlicher Ringstreifung versehen. Oft sieht man auf den beiden Seiten der Zelle zahlreiche schiefe Streifen, die sich nach der nämlichen Richtung kehren und spärliche Streifen, die in entgegengesetzter Richtung verlaufen und sich mit den erstern kreuzen. Andere Zellen zeigen horizontale oder fast horizontale Streifung. Ausserdem kommen an diesen dickwandigen Holzzellen Porenkanäle vor, welche in der Flächenansicht sehr schmal erscheinen und sehr steil ansteigen, und mit diesen Poren parallel laufende zarte Spiralstreifen.

Eine im Wasser gewachsene Wurzel von Populus dilatata *Ait.* zeigte auf allen Holzzellen spiralige Streifung in doppelter Richtung. Das eine System war stärker und zuweilen allein deutlich; es bildete mit der Zellenaxe einen Winkel von mehr als 45°. Das andere System bestand aus viel zartern, zuweilen ganz undeutlichen Streifen, welche merklich steiler anstiegen und mit der Zellenaxe einen Winkel von weniger als 45° ausmachten. Die schmalen Poren stimmten in der Richtung genau mit den stärkern Streifen überein. Die Wandung beider war in der Regel



südöstlich (links); sie wurde bei Holzzellen, die nur an andere Holzzellen grenzten, nie anders gefunden. Eine Wand zwischen zwei Holzzellen zeigte somit 4 Systeme von Streifen, zwei stärkere weniger steile und zwei schwächere steilere, von denen jene beiden, ebenso diese unter sich entgegengesetzte Neigung hatten, und von denen je ein stärkeres und ein schwächeres der einen Zelle angehörten.

Unter den Holzzellen, welche die Gefässe berührten, gab es indess manche, welche in der Wendung von den übrigen abwichen, bei denen somit die stärkern Streifen sammt den Poren eine südwestliche (rechtswendige) Spirale bildeten. Die Wand, wo zwei antidrome Holzzellen sich berührten, zeigten ebenfalls 4 Streifensysteme; es waren hier aber die zwei stärkeren sammt den Poren einerseits, anderseits die zwei schwächeren nach der nämlichen Seite geneigt. Nur war der Winkel der Neigung etwas verschieden und erlaubte es, die Streifen der beiden Zellen zu unterscheiden.

An manchen Holzzellen wurde ferner Ringstreifung beobachtet. Dieselbe zeigte sich beiderseits auf dem Profil der liegenden Zelle als schiefe Streifung bald nur nach einer Richtung, bald nach zwei Richtungen.

Die Holzzellen von Lonicera sind mit Poren und Spiralfasern versehen, diese mit südwestlicher, jene mit südöstlicher Wendung. Es giebt auch Zellen, in denen bei gleicher Richtung der Poren die Fasern horizontal oder nur wenig geneigt sind, und solche, wo die Fasern und die Poren ziemlich rechtwinklig zur Zellenaxe verlaufen und somit fast parallel geworden sind. Die Fasern gehen übrigens, ihre Neigung zu den Poren mag die eine oder andere sein, wohl über die Höfe, nicht aber über die Poren selbst weg. Ausserdem ist die Zellwand mit zarten Spiralstreifen versehen, welche in der Richtung mit den Poren überein-

stimmen, zuweilen indessen deutlich etwas steiler sind als diese (Fig. 30).

Ich könnte diese Beispiele noch vermehren, sie würden nichts Neues enthalten. Bald sind es Holzzellen mit Spiralfasern und mit Poren, die eine entgegengesetzte Wendung zeigen, wie z. B. bei Aesculus Hippocastanum und Robinia Pseudacacia; wenn Streifung sichtbar wird, so folgt sie der Richtung der Poren. Bald sind es Holzzellen bloss mit Poren und mit spiraliger Streifung. Bald endlich sind es dickwandige Zellen mit ringförmiger Streifung, wie z. B. bei Hakea pectinata.

8. Holzgefässe und Siebröhren.

Auf den Gefässen ist die Streifung selten deutlich zu sehen. Was zuerst diejenigen mit abrollbaren Fasern betrifft, so haben dieselben eine allzudünne Wandung, um daran eine Structur zu erkennen. Die Fasern selbst erscheinen gewöhnlich homogen. Doch beobachtete ich an den Spiralgefässen im Blüthenschafte von Hyacinthus orientalis *Lin.*, als dieselben mit Schwefelsäure behandelt wurden, deutliche Streifung. Jede Faser bestand aus vier dichten weisslichen und drei dazwischen liegenden dunkeln Streifen (Fig. 32, wo die dichten hellen Partieen schattirt, die weichen weiss gelassen sind). Das Profil der Spiralfaser zeigte ringsum eine dichtere Rindensubstanz und eine weichere innere Masse. Jene war an der innern convexen Seite scheinbar homogen; an der äussern ebenen Fläche dagegen war sie unterbrochen und liess vier dichte Partieen oder Knötchen wahrnehmen. Es sind dieselben, welche auf der Flächenansicht die Streifung bewirken.

Diese Thatsache erinnert an die Holzzellen mit Spiralfasern und Spiralstreifen. Bei den Holzzellen ist es meistens nur ein Streifen, welcher sich verdickt und die Faser bildet, während mehrere dazwischen unverdickt bleiben. Bei den

Spiralgefässen von Hyacinthus scheint die Faser je aus 4 dichten Streifen der Wand entstanden zu sein, während nur je einer dazwischen ausfiel.

Die Treppengefässe von Cyathea dealbata *Sw.* lassen auf der Flächenansicht ihrer Membran zwischen den Poren zuweilen schiefe Streifung erkennen. Bald ist es nur ein System, bald sind es zwei Systeme, die sich kreuzen. Die Streifen sind sehr zart und dicht gedrängt, abwechselnd hell und dunkel und gleichen genau den gekreuzten Spiralstreifen, die man auf Parenchymzellen, Holz- und Bastzellen beobachtet. Zuweilen sind auch nur einzelne Streifen beider Systeme deutlich und diese stärker entwickelt; sie bilden zwischen den leiterförmigen Poren entweder einzelne schiefe Linien oder sie verbinden sich zu V- und Xförmigen Zeichen. Die Neigung der Streifen zur Axe des Gefässes beträgt 45° oder etwas weniger. — Auf den Poren selbst zeigt sich nur selten und äusserst zarte Streifung. Es sind, wie es scheint, schiefe Linien, die bald nur nach einer Seite geneigt sind, bald sich kreuzen und in der Richtung mit den Streifen auf den verdickten Membranstellen übereinstimmen. In andern Fällen zeigen die Poren eine feinpunktirte Zeichnung, welche an die Siebporen erinnert.

Aehnlich wie die Treppengefässe von Cyathea verhalten sich die netzförmigen und netzförmig-porösen Gefässe von Viburnum Lantana *Lin.* Sie sind mit zarten Streifen, welche zu den Fasern quer verlaufen, gezeichnet. Diese Streifen bilden oft ein undeutliches Netzwerk; nur selten sieht man deutlich, dass zwei Systeme paralleler Linien vorkommen, die sich unter einem spitzen Winkel kreuzen und die, wie es scheint, unter annähernd gleichen Winkeln zu den Fasern geneigt sind.

In der Wurzel von Populus dilatata *Ait.*, deren Holzzellen früher erwähnt wurden, zeigten auch die porösen Gefässe deutliche Spiralstreifung. Ihre Poren beschreiben

eine flach ansteigende südöstliche Spirale; der Winkel, den dieselbe mit der Zellenaxe bildet, beträgt wenigstens 70°. Oft auch sind die Poren beinahe oder wirklich horizontal, und können sich im letztern Falle an der Wand zwischen zwei Gefässen genau decken. In der Richtung der Poren verlaufen zarte Streifen; zuweilen kommt nur ein System vor und die zwei sich kreuzenden Sreifenrichtungen, welche an der Wand zwischen zwei Gefässen sichtbar sind und den gekreuzten Poren entsprechen, gehören verschiedenen Membranen an (Fig. 39). Meistens jedoch befinden sich in der nämlichen Membran zwei Systeme, welche sich unter einem sehr spitzen Winkel schneiden und ein Netz mit quer gestreckten rhombischen Maschen darstellen. Dieses Netz ist oft mehr oder weniger unregelmässig; stellenweise macht es den Eindruck, als ob die Streifen sich verzweigten und mit einander anastomosirten. — Dass die sich kreuzenden und das eben besagte Netz bildenden Streifen wirklich im gleichen Niveau liegen, sieht man stellenweise an der Wand zwischen zwei Gefässen deutlich. Während nämlich häufig das Netz einer Gefässmembran ziemlich horizontal verläuft und dasjenige der anliegenden Membran deckt, lassen sich in andern Fällen zwei Netze unterscheiden, also 4 Systeme von Streifen; das Netz, welches der Membran des zugekehrten Gefässes angehört, steigt nach rechts, dasjenige in der Membran des abgekehrten Gefässes nach links auf. Ferner zeigt die Wand zwischen einem Gefäss und einer Holzzelle das fast horizontale Netz des erstern und die steiler ansteigenden Spiralstreifen der letztern.

Auch auf den porösen Gefässen des Holzes von Hakea pectinata *Dum. .Cours.* wurde zarte Spiralstreifung in doppelter Richtung beobachtet.

9. Porenhöfe und Porenkanäle.

Die Porenhöfe sind sehr oft, wenn die Membran rings um dieselben mit deutlichen Spiralstreifen gezeichnet ist, entweder gar nicht oder nur undeutlich gestreift. Da die Streifung sicher der Ausdruck von innern Vorgängen in der Zellwandung ist, so beweist deren Mangel in derjenigen Partie, welche die Porenhöfe bedeckt, dass hier die gewöhnlichen räumlichen Verhältnisse der Ernährung gestört waren. In einzelnen Fällen wird aber eine eigenthümliche Streifung auf den Höfen und auf den Porenkanälen beobachtet, und wenn diese Erscheinung nicht häufiger und nicht stärker ausgebildet auftritt, so liegt die Ursache theils an der Kleinheit dieser Gebilde, theils möglicher Weise auch daran, dass die Ursachen, welche die Streifungsrichtung der übrigen Membran bedingen, hier ebenfalls noch in etwelchem Maasse thätig sind und daher die eigenthümliche Entwickelung zu hemmen streben.

Die Streifung des Porenhofes wurde am deutlichsten auf den Holzzellen der Fichte und Föhre gesehen. Die gewöhnlichste Erscheinung ist ein weisslicher Ring, welcher den Porenkanal zunächst umgiebt, und radiale Streifen, welche von da bis an den Rand des Porenhofes gehen (Fig. 31). Ring und Streifung sind übrigens unabhängig von einander; zuweilen kommt auch das Eine ohne das Andere vor. Was zuerst den weisslichen Ring betrifft, so ist derselbe meistens überall von gleicher Breite und daher wie die äussere (kleinere) Mündung des Porenkanals von rundlichovaler oder ovaler Form. Zuweilen ist er auf der einen Seite breiter als auf der andern. Seine Deutlichkeit ist sehr verschieden. Bald tritt er sehr entschieden hervor; bald wird er kaum beobachtet; bald ist er nur auf der einen Seite sichtbar, auf der andern nicht. Dieser Ring rührt vorzüglich davon her, dass die Decke des Hofes im

der Nähe des Kanals eine Biegung nach innen macht; er ist also die Flächenansicht einer warzenförmigen Erhabenheit. Ausserdem kommt zuweilen noch eine etwelche Verdickung der Membran hinzu. Um sich hievon zu überzeugen, ist es am zweckmässigsten, dünne Längsschnitte durch das Holz anzufertigen, dieselben in Gummi einzutrocknen und dann noch einmal in anderer Richtung zu durchschneiden. Man erhält dadurch kleine Stücke, die man unter dem Mikroskop drehen und von jeder Seite ansehen kann.

Mit diesem Ring haben die radialen Linien auf dem Tüpfelhofe nichts zu thun, und es ist zufällig, wenn dieselben sich an ihn anzusetzen und von ihm auszugehen scheinen. Sie können, wenn er mangelt, bis zu dem Porenkanale reichen. Rücksichtlich ihrer Stärke, Deutlichkeit und Regelmässigkeit herrscht grosse Verschiedenheit. Die radialen Streifen sind bald äusserst fein und zahlreich wie die feinsten Spiralstreifen, bald weniger zahlreich und stärker. Sie können überall gleich entwickelt sein, oder auf der einen Seite mangeln. Meistens sind sie regelmässig angeordnet, vom Centrum gerade ausstrahlend und häufig nach aussen sich in zwei Schenkel spaltend. Selten sieht man sie auch gebogen und mehr oder weniger unregelmässig. — Ich bemerke noch, dass die radialen Streifen auf dem Porenhofe deutlich nur auf solchen Holzzellen gesehen wurden, welche bloss Ringstreifen und keine Spiralstreifen zeigten.

Diese Beobachtungen lassen an und für sich verschiedene Erklärungen zu. Wenn indess das Verhalten der Gefässwandungen von Robinia, von dem ich sogleich sprechen werde, berücksichtigt wird, so ist die Deutung kaum zweifelhaft. Die den Porenhof auskleidende Membranschicht ist gestreift, mit radienförmiger Anordnung der Streifen. Diese bestehen entweder bloss aus abwechselnd dichter und weicher Substanz, oder die dichten Streifen springen überdem noch leistenförmig über die Fläche vor. Im letztern Falle hätte

die Oberfläche des Porenhofes das Ansehen des Daches einer runden Halle, welches auf radienförmig geordneten Sparren ruht.

Die deutlichste Streifung der Porenkanäle wurde an der Wandung der Gefässe im Holz von Robinia Pseudacacia beobachtet. Wenn die Wandung dieser Porenkanäle genau senkrecht steht, so ist die sie auskleidende Membran zartgegliedert, indem die hellern Stellen eine Reihe von getrennten Knötchen bilden, ganz in gleicher Weise wie auf Querschnitten durch Zellwandungen zuweilen einzelne Schichten zarte Gliederung zeigen. Dabei kann die Wandung des Porenkanals entweder glatt sein (Fig. 35), oder es ragen die Knötchen etwas vor. Steht aber die Wand schief, so scheinen die ganzen Knötcheu über die Fläche vorzuragen und sehen selbst wie isolirte Körnchen aus. Diess ist wegen der trichterförmigen Gestalt des Kanals oft auf beiden Seiten desselben der Fall (Fig. 36). Zuweilen erscheinen die schmalen Poren auch als zickzackförmige und unregelmässig gebogene Spalten (Fig. 34).

Die Beobachtung des Porenkanals in der Flächenansicht der Zellwand spricht also dafür, dass die ihn auskleidende Membranschicht mit Streifen gezeichnet ist, welche mit der Axe des Kanals parallel laufen. Dieselben beruhen bald bloss in einer Dichtigkeitsverschiedenheit der Substanz, bald aber bilden sie sich an den dichten Stellen zu leistenartigen Vorsprüngen aus. Mit dieser Deutung stimmt auch die Ansicht des Porenkanals auf Wanddurchschnitten; sie zeigt aber zugleich, dass die Streifen vorzugsweise an dem äussern Ende des Kanals, da wo derselbe in den Hof mündet, ausgeprägt sind.

Betrachtet man nämlich die Poren auf dünnen Durchschnitten durch die Zellmembran, so zeigt sich zwischen dem Kanal und dem Hof eine Reihe von 3—5 dichten Knötchen (Fig. 33,a). Zuweilen gewährt sie den Anschein

einer dünnen Wand, die aus dichtern und weichern Partieen bestehe oder die siebartig durchbrochen sei. Bei vorsichtiger Verschiebung des Focus gewinnt man aber die Ueberzeugung, dass in diesem Stadium die Wand zwischen Porenkanal und Porenhof meistens mangelt. Denn bei genau mittlerer Einstellung sieht man die beiden Ecken sammt den Rändern des Porus ganz scharf, die vermeintliche Wand aber undeutlich; letztere wird deutlicher, wenn man etwas höher oder tiefer einstellt. Die Knötchen befinden sich also rings um den Rand der Porenkanalmündung. Zuweilen sieht man, namentlich bei etwas schiefer Lage, dass dieselben sich als Streifen mehr oder weniger weit, in den Kanal hinein, selbst über den ganzen Kanal verlängern (Fig. 33,b). Seltener setzen sich, ebenfalls bei schiefer Lage, die Knötchen als sehr zarte Streifen über den Porenhof fort. Sie haben hier eine radienförmige Anordnung ähnlich wie auf den Holzzellen der Coniferen. Fig. 38 giebt eine schematische Darstellung der Streifung auf einem Porenkanal und dem anliegenden Porenhofe. Auf der Flächenansicht der Zellwandung bemerkt man zuweilen am Umfange des Porenhofes einen Kreis von Knötchen (Fig. 37); es sind die Enden der dichten radialen Streifen, die aber in dieser Lage kaum sichtbar werden.

10. Streifung der Bastzellen.

Die Untersuchungen wurden vorzüglich an den Bastzellen der Chinarinde angestellt. Wenn dieselben durch Maceration in verdünnter Salpetersäure isolirt worden, so bringt die Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure den innern Bau meist sehr deutlich zur Anschauung. Je nach der stattgehabten Einwirkung der Schwefelsäure werden bald die Spiralstreifen, bald die Ringstreifen sichtbar. Ich will zuerst von jenen sprechen.

Von Spiralstreifen sieht man häufig in einem Schich-

tencomplex nur ein System. Bei günstigem Aufquellen wird jedoch noch ein zweites schwächeres System bemerkbar, entweder nur unvollständig und durch einzelne Linien angedeutet oder vollständig und mit dem andern System ein regelmässiges Netz mit rhombischen Maschen bildend (in Fig. 42 sieht man die Oberfläche einer Bastzelle). Die stärkern Streifen haben z. B. eine Breite von 1,3—1,5 Mik., die schwächern von 0,8—1 Mik. In jedem System sind die weichen (dunkeln) und die dichten (hellen) Streifen ungefähr von gleicher Mächtigkeit.

Berücksichtigen wir bloss die stärkern Streifen, die meistens auch allein sichtbar sind, so bietet sich sogleich die Wahrnehmung dar, dass sie in den verschiedenen Schichten einer Membran einen ungleichen Verlauf nehmen. Gewöhnlich scheidet sich die Membran in zwei ungefähr gleich dicke Hälften, welche die entgegengesetzte Wendung der Spiralstreifen aufweisen. Diejenigen der äussern Hälfte steigen gewöhnlich südwestlich (rechts), die der innern südöstlich auf; ausnahmsweise kommt auch der umgekehrte Fall vor. In Fig. 41 sieht man die dichtgedrängten Streifen des äussern Schichtencomplexes (a—a); von den Streifen des innern Complexes (b—b) sind nur einzelne stärkere an dessen Oberfläche deutlich. Die Streifen der äussern Hälfte sind rücksichtlich ihrer Neigung sehr verschieden; der Winkel, den sie mit der Zellenaxe bilden, variirt von 25—75°, so dass sie also bald sehr steil, bald beinahe horizontal sind. Die innern Streifen dagegen steigen immer sehr steil empor; sie schneiden die Zellenaxe gewöhnlich unter einem Winkel von 15—25°. Nur selten beobachtet man, dass die äussern und die innern Streifen einer Membran die gleiche Neigung von 25° (aber in entgegengesetzter Richtung) besitzen. Ausnahmsweise vermindert sich die Steigung der innern Streifen noch mehr, so dass sie weniger steil als die äussern sind.

Einzelne besonders günstig aufgequollene Bastzellen

lassen selbst 3 und 4 Streifensysteme in verschiedenen Schichtencomplexen der gleichen Wand erkennen. Dabei scheint es aber, dass der Wechsel in der Wendung nur einmal eintritt, und dass einerseits die verschiedenen Schichtencomplexe der äussern, anderseits die der innern Hälfte, unter sich homodrom, nur durch einen ungleichen Neigungswinkel von einander abweichen.

Mit der Richtung der stärkern Spiralstreifen stimmt die Richtung der Porenkanäle überein; dieselben sind zusammengedrückt und erscheinen in der Flächenansicht der Zellwand als schmale Ellipsen. Häufig sind sie aber nur in der innern Hälfte der Zellwand deutlich und folgen dann meist einer südöstlichen (linkswendigen), zuweilen aber auch einer südwestlichen Spirale. Wenn die Porenkanäle auch in der äussern Partie der Membran gesehen werden, so haben sie hier die entgegengesetzte Neigung. An besonders günstigen Objekten kann man, bei vorsichtiger und langsamer Veränderung des Focus die verschiedenen Lagen des Porenkanales allmählich in einander übergehen sehen. So zeigte an einer Bastzelle mit exceptioneller Wendung der Spiralstreifen der Porenkanal bei Einstellung auf die äussere Oberfläche die Richtung einer südöstlichen Spirale; bei etwas tieferer Einstellung wurde er mit der Zellenaxe parallel; bei noch tieferer Einstellung neigte er sich nach der entgegengesetzten Seite zu einer südwestlichen Spirale; und als der Focus in der Nähe der Zellhöhlung anlangte, nahm der Porenkanal wieder die Richtung der Zellenaxe an. Die zusammengedrückten Porenkanäle dieser Bastzellen sind also um ihre eigene Axe gedreht; die Drehung beträgt etwa 60—90°. Fig. 45 giebt eine schematische Ansicht eines solchen Porenkanals.

Die Ringfasern werden zuweilen schon an unveränderten Bastzellen gesehen; doch treten sie dann meist nur vereinzelt auf. Um die ganze Substanz in Querstreifen auf

zulösen, bedarf es in der Regel eines bestimmten Quellungsgrades. Nicht selten beobachtet man an der nämlichen Bastzelle stellenweise spiralige und stellenweise ringförmige Streifung. Da dabei gewöhnlich die verschiedenen Stellen ungleich gequollen sind, so macht es den Eindruck, als ob verschiedene Quellungsgrade die Substanz der Zelle in Ring- oder Spiralstreifen zerlegen könnten. Doch ist es auch möglich und zugleich wahrscheinlicher, dass die beiden Streifenarten auf verschiedene Partieen einer Zelle vertheilt sind.

Die Natur der Ringstreifen lässt sich an den Bastzellen der Chinarinde fast ebenso gut studiren, wie an den Holzzellen der Coniferen. Sie haben auch die nämliche Anordnung wie dort und zeigen die gleichen Eigenthümlichkeiten des Vorkommens. Bald sind sie stärker und wenig zahlreich, bald sehr zahlreich und dichtgedrängt. Die beiden Systeme bilden mit der Zellenaxe den nämlichen Winkel, welcher meistens zwischen 65 und 70° beträgt, und schneiden sich symmetrisch. Wenn sie an der liegenden Bastzelle sich in senkrechter Stellung befinden, so sind sie jede unter einem Winkel von 70 bis 65° zur Zellenaxe und somit unter einem Winkel von 40 bis 50° zu einander geneigt, während sie bei jeder andern Stellung einen kleineren Winkel bilden und bei einer bestimmten Lage horizontal und parallel werden. Fig. 43 zeigt das Ende einer Bastzelle, welche durch concentrirte Schwefelsäure von der Oberfläche aus angegriffen und gelöst wird. Man sieht nur das eine System von Querstreifen in wenig schiefer Lage.

Die gekreuzte Spiralstreifung sowie die gekreuzte Ringstreifung ist jede für sich in einzelnen Fällen sicher und deutlich nachzuweisen. Es giebt indess eine Erscheinung, die man hin und wieder an den gequollenen Bastzellen der Chinarinde beobachtet, und über deren Deutung ich im Zweifel bin. Diess ist eine Querstreifung zwischen den

Spiralstreifen. Sie besteht in feinen, scharfen, oft zarten Rissen ähnlichen Querlinien, die meistens unterbrochen sind, und bald nur bei bestimmten Einstellungen, bald aber bei jeder Einstellung gesehen werden. Ich bemerke noch, dass ich sie gewöhnlich dann beobachtete, wenn nur das eine System von Spiralstreifen sichtbar war. Es bleibt nun fraglich, ob, wie es allerdings wahrscheinlicher ist, diese Querlinien den gleichen Schichten angehören, welche die Spiralstreifen enthalten, und ob sie in diesem Falle vielleicht das zweite System von Spiralstreifen mit sehr flacher Steigung darstellen, — oder ob einzelne Schichtencomplexe zwischen den übrigen eine besondere Structur besitzen. Uebrigens ist auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass es nicht Streifen, sondern zarte Querrisse sind; denn es ist Thatsache, dass die Substanz der verschiedenen Schichten ungleich aufquillt und dass sie in Folge dessen vielfache Verschiebungen erfährt. In Fig. 44 ist ein Stück einer solchen Zelle dargestellt, wo man an der Oberfläche Spiralstreifen und wenig schiefe Querstreifen beobachtet.

Die Bastzellen von Linum usitatissimum *Lin.*, für deren Untersuchung man alte Leinwand benutzen kann, zeigen im unveränderten Zustande Querlinien, welche entweder rechtwinklig oder schiefwinklig über die Zellen verlaufen und im letztern Falle oft sich kreuzen. (Fig. 46). Beim Rollen des Fadens erscheinen sie bald schief, bald gerade; der Wechsel tritt je nach einer Viertelsumdrehung ein. Zuweilen sind sie auch etwas gebogen oder sonst unregelmässig und häufig bleiben sie beim Rollen dss Fadens nicht in allen Lagen deutlich. Meistens sind sie durch glatte kurze Internodien getrennt, so dass ein Knoten zwischen je zwei Internodien mit mehreren gekreuzten, oder auch parallelen, seltener mit einer einzigen oder mit zahlreichen Querlinien gezeichnet ist.

Diese Querlinien werden nicht durch die verschiedene

Dichtigkeit der Substanz hervorgebracht, sondern sind wirkliche Risse. Diess ergiebt sich klar aus dem Umstande, dass sie an trockenen in Oel liegenden Fäden noch deutlicher sichtbar sind als im Wasser. Die Zeichnung, welche der ungleiche Wassergehalt in befeuchteten Körpern hervortreten lässt, verschwindet im trockenen Zustande, so die Schichtung und Streifung. Die beschriebenen Risse stehen aber mit der verschiedenen Dichtigkeit der Substanz in gewissem Zusammenhang, und sind wohl nichts anderes als weiche Ringstreifenlamellen, welche sich in wirkliche Spalten verwandelt haben, sei es in Folge des Wachsthums, sei es in Folge des Austrocknens oder einer andern mechanischen Ursache. Lässt man die Leinwandfasern durch Schwefelsäure aufquellen, so treten oft zahlreiche und zarte Ringstreifen auf, welche mit den schon früher sichtbaren Rissen parallel laufen und sich ebenfalls schief durchkreuzen.

Den stärkern Querlinien entspricht meistens eine Biegung des Randes; häufig zeigen sich auch die innern Schichten, insofern man dieselben erkennt, an dieser Stelle verbogen. Dass eine solche Verbiegung der Schichten an allen Querlinien der trockenen Leinwandfasern vorhanden sei, auch wo man dieselbe nicht wahrnimmt, ergiebt sich aus der Beobachtung mit polarisirtem Lichte. Wenn die Zellen sich zu den Prismen in orthogonaler Stellung befinden und somit auf dem dunkeln Gesichtsfelde ebenfalls dunkel erscheinen, so sind alle Querlinien von Interferenzfarben erhellt. Da die Substanzmolecüle so orientirt sind, dass eine Elastizitätsaxe auf der Fläche der Schichten senkrecht steht, so ist es nothwendig, dass die Schichten in der erhellten Linie von dem geraden Verlaufe abweichen.

Die zahlreichen Ringstreifen, welche beim Aufquellen vermittelst Schwefelsäure sichtbar werden, sind gewöhnlich auf die Stellen der Leinwandfasern beschränkt, die ich als

Knoten bezeichnet habe. An den Internodien beobachtet man zuweilen zarte Spiralstreifen, bald nur ein System, bald zwei sich kreuzende und zur Zellenaxe ziemlich gleich geneigte Systeme.

An den Bastfasern von Cannabis sativa *Lin.*, auf welche Schwefelsäure einwirkt, beobachtet man ebenfalls theils Ringstreifen, theils Spiralstreifen. Die erstern sind schon im wenig veränderten Zustande deutlich.

Die Bastzellen im Blatte von Agave americana *Lin.* haben wenig verdickte Wände. Dieselben sind spiralig-gestreift mit südöstlicher Wendung. Die dichten Streifen erschienen in günstigen Fällen zartgegliedert, als ob sie aus einer Reihe von Knötchen beständen. Diese Erscheinung war aber nicht in der Art ausgebildet, dass sie den Anschein eines zweiten Streifensystems und somit einer eigentlichen Kreuzung hervorgerufen hätte.

Die Bastzellen von Vinca minor *Lin.* und V. major *Lin.* haben, wie diejenigen der Chinarinde, in der äussern und innern Membranhälfte antitrope Spiralstreifen. Die äussern sind südöstlich- (links), die innern südwestlich-gewunden; doch kommt auch das Umgekehrte vor. Die Neigung beider zur Zellenaxe ist beinahe die nämliche. Die Streifen sind ungleich stark; namentlich zeigen sich einzelne weiche Streifen breiter und spaltenförmig. Desswegen erscheint häufig die Masse in Bänder abgetheilt, welche je aus 2 bis 4 dichten Streifen bestehen, und welche den Eindruck machen, als ob sie durch Theilung eines einfachen Streifens entstanden wären. Auch Verzweigung der Streifen kommt hin und wieder vor. — Das zweite System, welches sich mit den stärkern Spiralstreifen kreuzt, wurde nur selten und undeutlich gesehen. Dagegen trat auch hier einige Mal die Erscheinung auf, welche an den Bastzellen der Chinarinde beobachtet wurde. Mitten in der Substanz und zwar, wie es schien, ziemlich zwischen den antitrop

gestreiften Schichtencomplexen zeigten sich zarte, unterbrochene Querstreifen, welche feinen Rissen sehr ähnlich waren und zuweilen ein Netz zu bilden schienen.

11. Quellungserscheinungen der Bastfasern.

Die Quellungserscheinungen können uns darüber Aufschluss geben, welche Verschiedenheit zwischen den Flüssigkeitsmengen besteht, die der nämliche räumliche Punkt in den verschiedenen Richtungen einlagert und wie sich die verschiedenen Partieen einer Membran in dieser Beziehung zu einander verhalten. Es handelt sich dabei, wie einleuchtet, namentlich um den Gegensatz einerseits zwischen weichen und dichten Lamellen (Schichten, Streifen), andererseits zwischen Schichtung und den beiden Streifungen. Andere Anforderungen kann man an die Quellungserscheinungen an und für sich nicht stellen.

Ich habe schon Eingangs von einem Versuche Crüger's gesprochen, durch Messungen an aufquellenden Membranen zu entscheiden, ob dieselben aus Primitivfasern bestehen oder nicht. Derselbe sagt (Bot. Zeit. 1854 p. 853), es gebe drei Möglichkeiten für die Einlagerung der Feuchtigkeit: A zwischen die Primitivfasern, B zwischen die Schichten, C zwischen die Molecüle. Ist schon dieser Gegensatz auffällig, so zeigen die Betrachtungen, die daran geknüpft werden, wie wenig klar der Verfasser über seine Aufgabe ist. Es musste sich für seine Auffassung vor Allem darum handeln, ob die sogenannten Fasern bei der Quellung der Membran ebenfalls quellen, somit sich verlängern oder nicht. Diess war leicht durch Messung festzustellen. Wenn die Länge der Zelle durch l und der Winkel, den die Faser mit der Axe bildet, durch α ausgedrückt wird, so ist die mit x bezeichnete Länge der Faser

$$x = \frac{l}{\operatorname{Cos} \alpha}$$

und es verhält sich, wenn die analogen Grössen in der gequollenen Zelle l' und α' sind, die Länge der Faser vor und nach der Quellung wie

$$\frac{l}{\mathrm{Cos}\ \alpha} : \frac{l'}{\mathrm{Cos}\ \alpha'}.$$

Zunächst ist festzustellen, dass, wie sich zum Voraus annehmen liess, die Spiralstreifen beim Aufquellen der Membran sich verlängern. Diess ergiebt sich sowohl aus vielen Messungen Crüger's, als aus meinen eigenen Beobachtungen. — Ferner konnte auf ähnliche Weise ermittelt werden, wie gross die Ausdehnung in einer zu den Fasern rechtwinkligen Richtung ist. Daraus liessen sich für das Verhalten der Membranen nicht uninteressante Thatsachen gewinnen. Für den Zweck aber, für den Crüger seine Beobachtungen anstellte, nämlich für die Entscheidung der Primitivfaserfrage, konnten sie selbstverständlich nicht verwerthet werden. Denn erstens hat die Existenz der Primitivfaser nichts damit zu thun, ob sie Quellungsfähigkeit besitze oder nicht, und zweitens lässt sich durch Messung nur ermitteln, ob ein Aufquellen in der Längsrichtung der Faser, nicht aber ob ein solches in ihrer Querrichtung stattgefunden habe.

Zur Erledigung der Fragen, welche sich bezüglich der Quellungserscheinungen darbieten, bedarf es umsichtiger Behandlung und grosser Genauigkeit im Messen. Derjenige, der sich mit solchen Untersuchungen beschäftigt hat, und weiss, wie viel Zeit, Mühe und misslungene Versuche dazu gehören, um nur eine einzige sichere Angabe machen zu können, erstaunt daher billig über den Wald von Zahlen, welche der Verfasser vorführt. In der That erweisen sich dieselben als im höchsten Grade unzuverlässig.

Als Beleg genügt die Thatsache, dass in einer ganzen Reihe von Fällen die Messungen Crüger's eine beträchtliche Verkürzung des Spiralstreifens während des Quellens

ergeben, denn es ist nach seiner Angabe einerseits die Zelle kürzer, anderseits die Steigung der Streifen steiler geworden. Es versteht sich von selbst, dass diess eine Unmöglichkeit ist. Im günstigsten Falle könnte der Spiralstreifen seine ursprüngliche Länge behalten, wenn nämlich die Einlagerung der Wassertheilchen und die Ausdehnung ausschliesslich rechtwinklig zu demselben erfolgte. Unter jeder andern Voraussetzung muss er an Länge zunehmen. Wo so grobe Irrthümer vorkommen, ist der Ausspruch gerechtfertigt, dass die Messungen Crüger's vollständig unbrauchbar sind.

Was meine eigenen Untersuchungen betrifft, so war es mir zwar nicht möglich, das Maass der Aufquellung in den Richtungen der beiden Streifensysteme zu bestimmen. Die Unsichtbarkeit der Streifen in den geringern Quellungsgraden und der Umstand, dass dieselben in den verschiedenen Schichten ungleich zur Zellenaxe geneigt sind, vereiteln bis jetzt alle Versuche, zu sichern Messungen zu gelangen. Doch gewähren die gewonnenen Resultate immerhin einiges Interesse, und geben Fingerzeige für fernere Untersuchungen.

Als Quellungsflüssigkeiten wurde Schwefelsäure und Kupferoxydammoniak angewendet, erstere mit und ohne Jod. An der dickwandigen Bastzelle unterscheidet man beim Aufquellen drei verschiedene Theile, die gewöhnlichen Wandschichten, die äusserste Schicht und den Inhalt. Der Inhalt erscheint als ein dünner, fadenförmiger, meist hin und her gebogener Strang, der durch Jod und Schwefelsäure sich gelb färbt (Fig. 55,a—a; 54,a).

Die äusserste Membranschicht (primäre Membran, Oberhäutchen) widersteht den Quellungsmitteln manchmal energisch, wie diess bereits von Cramer (Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1857) beobachtet wurde und färbt sich durch Jod und Schwefelsäure gelb bis braun, während die stark aufquellenden übrigen Membranschichten schön gebläut werden. Sie wird durch

die letztern meist unregelmässig zerrissen und bedeckt die Gallerte als Flocken und. Fasern. Diess beobachtet man z. B. bei den Bastzellen der Chinarinde.

Zuweilen vermag das Oberhäutchen den ganzen Quellungsprozess so zu stören, dass man keine Messungen anstellen kann. Diess ist besonders bei den Bastzellen des Hanfes der Fall. Das nicht aufquellende Oberhäutchen wird auch hier zerrissen. Da es aber eine bedeutende Zähigkeit besitzt, so schnürt es die von ihm umschlossene, sich ausdehnende Substanz stellenweise zusammen. Gewöhnlich bildet sich in demselben eine schraubenförmige Spalte, durch welche die innere Substanz heraustritt. An der stark aufgequollenen Bastfaser stellt dann das Oberhäutchen ein schmales Spiralband dar, welches sie mehr oder weniger stark einschnürt (Fig. 54,b). Stellenweise, oft in regelmässigen Intervallen, geht das Schraubenband in Ringe über (Fig. 55,b; die Windung c liegt auf der zugekehrten, d auf der abgekehrten Seite), so dass die Zelle rosenkranzförmig erscheint. Zuweilen sind, statt eines, zwei Spiralbänder vorhanden. Die Wendung derselben ist immer südöstlich (links).

Wenn eine Bastfaser deutlich ausgebildete Ringstreifen hat, so werden dieselben zuerst von dem Quellungsmittel angegriffen. An den Bastzellen des Hanfes bläuen sich bei Einwirkung von Jod und Schwefelsäure einzelne besonders entwickelte weiche Ringstreifen und bilden gefärbte Querlinien, während die übrige Substanz noch farblos ist. Besonders aber sind es die Leinfasern, an denen sehr bemerkenswerthe Erscheinungen auftreten. An diesen Zellen wechseln, wie ich schon früher erwähnt habe, Ringstreifen und Spiralstreifen oft in regelmässiger Weise, so dass sie wie gegliedert erscheinen. Die Gelenke sind durch einige Ringstreifen bezeichnet, an den Internodien wird beim Aufquellen Spiralstreifung sichtbar.

Die Wirkung der Schwefelsäure giebt sich zuerst an den durch Ringstreifen charakterisirten Gelenken kund. Dieselben werden knotenförmig aufgetrieben. Die aufgequollene Masse blättert sich von aussen nach innen gleichsam in Schichten ab (Fig. 47), zerfällt dann in Körnchen und verschwindet bald dem Auge gänzlich. Die Bastfasern zeigen nun das entgegengesetzte Verhalten von früher: während bei der ersten Einwirkung der Säure die Gelenke durch die aufquellende Substanz verdickt waren, sind sie jetzt, weil diese Substanz gelöst wurde, verdünnt (Fig. 48). — Später zerfällt die Bastfaser in isolirte spindelförmige Stücke. Fig. 49 zeigt ein solches Stück mit den äussern stark aufgequollenen und im Verschwinden begriffenen Schichten. Zuweilen beobachtet man Spindeln jederseits mit einem pyramidenförmigen Aufsatz von weicher, zart geschichteter Substanz, der die Dicke der Faser um das Sechsfache übertreffen kann.

Dieses eigenthümliche Verhalten der Bastzellen von Linum wird durchaus nicht immer beobachtet, wenn man Schwefelsäure mit denselben zusammenbringt. Es scheint vielmehr auf eine ganz bestimmte Concentration derselben oder auf einen bestimmten Grad ihrer Einwirkung beschränkt zu sein. Es ist nicht selten der Fall, dass von einem grössern Präparat nur auf einer kleinen Stelle die Fäden in der angegebenen Weise in Stücke zerfallen, während alle übrigen andere Quellungserscheinungen zeigen. Uebrigens hängt es auch davon ab, wie der Schwefelsäurestrom mit den Zellen in Berührung kommt. Trifft er auf das Ende, so erweitert sich dasselbe trompetenförmig. Trifft er aber auf die Seite und umspült somit gleichzeitig die ganze Zelle, so treten die knotenförmigen Anschwellungen auf. Endlich hat auch die vorgängige Behandlung der Leinfaser einigen Einfluss. Die Abblätterung der Schichten wurde

namentlich schön an solchen gesehen, die in Salpetersäure macerirt worden waren.

Ein concentrirteres Lösungs- oder Quellungsmittel greift die Substanz von der Fläche aus an und schreitet allmählich nach innen vor, wie es in dem vorhin beschriebenen Versuche der Fall war. Ist dasselbe sehr verdünnt, so durchdringt es sogleich die ganze Substanz und übt die quellende Wirkung in allen Punkten gleichzeitig. Ein Mittel von mittlerer Concentration dringt mit mässiger Schnelligkeit ein; die ganze Substanz dehnt sich aus, aber die äussern Partieen eilen den innern voran und sind stärker aufgequollen als diese. Dadurch werden bemerkenswerthe Veränderungen an den Präparaten bewirkt.

Vorerst muss ich bemerken, dass in Folge der Quellung die Bastzellen dicker und kürzer werden. Nachher werde ich näher darlegen, in welchen Verhältnissen diess der Fall ist. Die von aussen nach innen fortschreitende Wirkung eines Quellungsmittels von mittlerer Concentration macht sich nicht bloss dadurch geltend, dass die Enden sich erweitern und mehr oder weniger trompetenförmig werden, sondern auch dadurch, dass ein äusserer Schichtencomplex sich stärker verkürzt als der innere. Eine Zelle in diesem Stadium macht den Eindruck, als ob die innern Schichten stärker in die Länge gewachsen wären, als die äussern.

Es lässt sich diess sehr schön an den Bastzellen des Leins nachweisen. Wenn man dieselben in verdünnter Schwefelsäure oder in Kupferoxydammoniak aufquellen lässt, so treten häufig an dem Ende des Fadens die innern Schichten heraus. Schneidet man die Fäden in kurze Stücke, so treten sie an beiden Enden heraus (Fig. 52). Zuweilen scheidet sich die ganze Wanddicke in drei Partieen, welche an den Enden ebensoviel Absätze bilden (Fig. 53).

In längern Fäden, wo die innern Schichten nicht heraustreten können, biegen sich dieselben wellenförmig (Fig. 51).



Man bemerkt auch oft, dass an den sich auf einander verschiebenden Schichtencomplexen je die innerste Schicht wellenförmig geworden ist (Fig. 50). Es beweist diess, dass die Schichten nicht etwa nach Complexen sich gleich verhalten, sondern, dass jede äussere das Bestreben hat, sich stärker zu verkürzen, als die nächst innere. Die dadurch bewirkte Spannung vermag aber nur an einer oder zwei Stellen die Schichten von einander zu trennen und auf einander zu verschieben. An diesen Stellen bilden sich wirkliche Spalten, wie sowohl die Seitenansicht als der Querschnitt zeigt.

Um einen Begriff von den obwaltenden Differenzen zu geben, theile ich folgende Messungen mit. In dem kurzen Fadenstück, welches in Fig. 59 von der Seite und in der Queransicht dargestellt ist, waren die äussern Schichten 15, die innern 19 Mik. lang. In drei andern Stücken, ähnlich wie Fig. 52, wurden folgende Längen gefunden, wobei natürlich nicht die geraden Entfernungen zwischen den Endpunkten, sondern die Krümmungen gemessen wurden.

	Mik.	Mik.	Mik.
Aeusserer Rand des äussern Schichtencomplexes	66	75	70
Innerer „ „ „ „	71	88	82
Aeusserer Rand des innern Schichtencomplexes	92	104	111
Innerer „ „ „ „	100	119	120

Die stärkere Verkürzung der äussern Schichten ist zwar zunächst eine Folge der von aussen nach innen fortschreitenden Wirkung des Quellungsmittels. Indessen bleibt auch nach längerer Einwirkung noch ein Unterschied in der Länge der Schichten zurück, so dass die inneren fortwährend die äusseren überragen. Diess beweist, dass die äussern Schichten an sich die Fähigkeit besitzen, sich stärker zu verkürzen, als die innern; eine Fähigkeit, die aber nur dann sich realisirt, wenn durch ungleichzeitiges Aufquellen

die Spannung zwischen den Lamellen der Membran so gross wird, dass eine Trennung und Verschiebung erfolgt.

Die Bastzellen des Leins eignen sich ganz gut, um daran die während des Aufquellens erfolgende Verkürzung und Verdickung zu messen. Sie werden zu diesem Ende in kurze Stücke geschnitten, damit das Quellungsmittel möglichst gleichmässig einwirke. Neben Stücken, deren innere Schichten, wie vorhin beschrieben wurde, sich herausschieben, und andern, die ohne gerade diese Erscheinung zu zeigen, doch an den Enden stärker aufquellen, giebt es auch solche, die cylindrisch bleiben. An den letztern wurden folgende Zahlen, welche die Dimensionen in Mikromillimetern ausdrücken, gewonnen:

	1	2	3	4	5	6	7
Länge in Wasser	85	78	73	71	51	53	50
Länge in Kupferoxydammoniak	42	47	33	55	15	33	34
Breite in Wasser	17	18	20	15	19	16	19
Breite in Kupferoxydammoniak	86	89	121	47	93	61	46
Cylinderfläche in Wasser	4541	4413	4589	3347	3045	2665	2986
Cylinderfläche in Kupferoxydammoniak	11352	13147	12549	8124	4384	6327	4915
Querschnitt in Wasser	227	255	314	177	284	201	284
Querschnitt in Kupferoxydammoniak	5811	6224	11504	1736	6796	2924	1662
Kubikinhalt in Wasser	19295	19890	22922	12567	14484	10653	14200
Kubikinhalt in Kupferoxydammoniak	244062	292528	379632	95480	101940	96492	56508

Bei folgenden zwei Beispielen wurden während des langsamen Aufquellens mehrere Messungen vorgenommen:

8	in Wasser	in Kupferoxydammoniak		
Länge	38	33	25	21
Breite	17	30	42	55
Cylinderfläche	2030	3111	3300	3630
Querschnitt	227	707	1886	2377
Kubikinhalt	8626	23332	34650	49917
9				
Länge	44	35	31	24
Breite	18	31	38	63
Cylinderfläche	2489	3410	3702	4752
Querschnitt	255	755	1135	3118
Kubikinhalt	11220	26425	35185	74832

Wie aus diesen Messungen ersichtlich ist, kann sich ein länglicher Cylinder durch das Aufquellen in eine flache Scheibe verwandeln. Derselbe kann sich nämlich auf 1/3, selbst auf 1/4 und 1/5 seiner ursprünglichen Länge verkürzen, während sein Durchmesser bis auf das 4-, selbst bis auf das 5- und 6fache sich ausdehnen kann. Damit ist natürlich immer eine beträchtliche Volumenzunahme verbunden.

Ich habe den Messungen die Berechnung der Seitenfläche, des Querschnittes und des Volumens des Cylinders beigefügt. Auf allzugrosse Genauigkeit dürfen diese Zahlen nicht Anspruch machen, indem nicht selten während des Aufquellens die regelmässige Form etwas alterirt wird. Doch ist diess von keinem Belang, da es sich immer um sehr grosse Differenzen handelt. Der Querschnitt vergrössert sich auf das 10-, 20- und 30fache, während die Cylinderfläche nur auf das 1 1/2—3fache zunimmt. Wie die Seitenfläche des Cylinders verhalten sich die einzelnen Schichten desselben.

Man könnte also auch sagen, eine die Axe unter einem rechten Winkel schneidende Molecularschicht wachse durchschnittlich 10mal mehr in die Fläche, als eine solche,

welche in Form eines Cylindermantels die Axe concentrisch umschliesst. Doch wäre es jedenfalls eine ganz irrthümliche Vorstellung, wenn man annehmen wollte, es rücken beim Aufquellen in der erstgenannten Fläche die Molecüle 10 Mal weiter aus einander als in der zweiten. Die Einwirkung der Quellungsmittel hat nämlich ohne Zweifel ein Zerfallen der Molecüle in kleinere und zugleich eine theilweise Verschiebung der letztern zur Folge.

Noch viel irriger wäre es, wenn man aus der Thatsache, dass die aufquellenden Cylinder sich verkürzen, den Schluss ziehen wollte, es rücken die Molecüle in der Längsrichtung zusammen. Denn mit dem Kürzerwerden findet eine Drehung des Cylinders statt, was man an den Spiralstreifen deutlich sieht. Ihre Windungen werden niedergedrückt, so dass sie weniger steil ansteigen und mit der Axe einen grössern Winkel bilden. Dabei wird jeder einzelne Streifen absolut länger, und ohne Zweifel gilt dasselbe für die Molecularreihen, die wohl mit den Streifen in der Richtung zusammenfallen. Da beim Aufquellen die Cylinderfläche und ebenso jede einzelne mit ihr concentrische Molecularschicht auf eine grössere Fläche sich ausdehnt, so ist die Möglichkeit vorhanden, dass, vermöge einer für die gegebene Moleculаranordnung günstigen Drehung je die benachbarten räumlichen Punkte in allen Richtungen sich von einander entfernen.

Die mitgetheilten Messungen sind an Fadenstücken angestellt, welche durch Kupferoxydammoniak aufquellen. In Berührung mit Schwefelsäure verhalten sie sich gleich. Die Einwirkung beginnt ebenfalls an den Enden der Stücke und schreitet von da nach der Mitte fort. An den sich verkürzenden und verdickenden Fasern werden die Spiralwindungen der Streifen ebenfalls niedriger. So betrug der Winkel zwischen denselben und der Zellenaxe an einer

wenig gequollenen, 21 Mik. dicken Faser 14°, an derselben Faser aber, als sie 42 Mik. dick geworden, 35°.

Die Verkürzung der aufquellenden Bastzellen wurde beobachtet, wenn dieselben im Wasser lagen, und darauf mit Kupferoxydammoniak oder Schwefelsäure behandelt wurden. Es frägt sich, ob dieselbe auch schon erfolge, wenn die trockenen Bastfasern sich mit Wasser imbibiren. Diese Frage wurde bereits vor geraumer Zeit von Schleiden besprochen. Veranlassung dazu fand er in Aeusserungen von Link und Meyen. Ersterer sagt (Elem. phil. bot. Edit. 1. p. 366), die trockene und todte Pflanzenfaser ziehe die Feuchtigkeit an und verkürze sich dabei. Er führt keine Thatsachen an und wurde, wie Schleiden wohl richtig vermuthet, durch das Factum, dass ein Seil beim Benetzen straff wird, zu seinem Ausspruche veranlasst. Meyen (Pflanzenphysiol. I. 30) geht von dem Ausspruche Link's als von einer sichern Thatsache aus und sucht diese durch seine Theorie zu erklären, dass die Membran aus Spiralfasern bestehe; dieselben seien hygroscopisch und ziehen sich bei der Befeuchtung in ihre Windungen zusammen.

Schleiden (Wiegmann's Archiv 1839 Bd. I. 274) erklärt die Annahme einer Verkürzung für widersinnig und die Thatsache für falsch, indem beim Befeuchten immer Ausdehnung erfolge. Am geringsten sei dieselbe bei den Bastfasern; bei denjenigen von Linum usitatissimum schätze er sie auf 0,0005 und weniger.

Ich konnte bei verschiedenen Bastzellen keine Differenz in der Länge wahrnehmen, wenn sie aus dem trockenen in den befeuchteten Zustand übergiengen. Eine trockene, gerade Leinfaser von 0,349 M. M. Länge schien, als sie sich mit Wasser imbibirte, genau die gleichen Dimensionen zu behalten. Doch wäre es voreilig, daraus einen Schluss ziehen zu wollen. Die Bastfasern nehmen so wenig Wasser

auf, dass die Veränderung ihrer Länge unbemerkbar klein ausfallen muss.

Die Angabe Schleidens verdient keine Berücksichtigung. Denn eine so äusserst geringe Zunahme von 0,0005 kann gar nicht beobachtet werden. An einem Faserstück von 100 Mik. Länge müsste eine Verlängerung um 0,05 Mik., an einem solchen von 400 Mik., eine Verlängerung von 0,2 Mik. gemessen werden können. Die Zumuthung ist der Art, dass es fast auf eine Mystification abgesehen scheint.

Es ist also unmöglich, durch direkte Messung festzustellen, ob die Bastfasern bei der Befeuchtung mit Wasser die nämliche Länge behalten, ob sie länger oder kürzer werden. Die Frage bleibt ungelöst. Wenn freilich die Analogie ein Recht hätte, so würde sie es wahrscheinlich machen, dass die benetzten Bastfasern sich äusserst wenig verkürzen. Denn, wie es scheint, gilt sonst für alle andern Fälle die Regel, dass ein weiteres Aufquellen durch Säuren oder Alkalien in gleichem Sinne thätig ist, wie die Imbibition mit Wasser, dass also beim Benetzen mit Wasser und bei der Einwirkung stärkerer Quellungsmittel im Allgemeinen analoge Formveränderungen erfolgen.

Die bisher mitgetheilten Beobachtungen beziehen sich auf Dimensionsveränderungen, welche die liegenden Bastzellen wahrnehmen lassen, also auf die Verhältnisse, welche zwischen der Länge und dem Durchmesser oder dem Umfange, ferner zwischen der Cylinderfläche und dem Querschnitt bestehen. Die Beobachtung von Querschnitten giebt uns Aufschluss über die Verhältnisse zwischen den Dimensionsveränderungen des Radius oder der Dicke und des Umfanges.

Für diese Untersuchungen eignen sich die Leinfasern weniger gut. Doch lassen sich an denselben einige bemerkenswerthe Thatsachen nachweisen. Die aufquellende Zelle zeigt gewöhnlich in der Querschnittsansicht die innern

Schichten mehr oder weniger verbogen (Fig. 57). Daraus folgt, dass dieselben in tangentialer Richtung stärker aufquellen, als in radialer. — Die innern Schichten dehnen sich ferner in tangentialer Richtung stärker aus, als die äussern Schichten. Diess verursacht zuweilen ein Platzen der äussern (Fig. 58). Die entzwei geborstene äussere Hälfte der Wandung löst sich manchmal theilweise von der innern Hälfte ab und streckt sich mehr oder weniger gerade. Diess beweist, dass an ihr ebenfalls die innern Schichten in tangentialer Richtung stärker sich ausdehnen als die äussern.

Für diese Untersuchungen bieten die Bastzellen der Chinarinde ein vorzügliches Objekt. Dieselben quellen in Kupferoxydammoniak wenig auf; in concentrirter Schwefelsäure dagegen mit oder ohne Jod quellen sie sehr stark auf und lassen eine Unzahl von zarten Schichten zum Vorschein kommen. An Querschnitten beobachtet man gewöhnlich während des Aufquellens, dass zuerst die äussersten Schichten einreissen, und dass der radiale Riss sich von Schicht zu Schicht nach innen fortpflanzt. Ein innerster Schichtencomplex von verschiedener Grösse bleibt ganz (Fig. 56).

Rücksichtlich der Ausdehnung wurden folgende Messungen angestellt; sie werden dadurch erleichtert, dass sehr oft eine markirte Grenze zwischen einer äussern und innern Wandhälfte sichtbar ist. In einer solchen Zelle war der innere Schichtencomplex oval, der äussere rundlich-oval. Der letztere platzte und bildete ein nach und nach sich fast gerade streckendes Band. Die innere Partie bekam bloss einen kleinen radialen Riss, der kaum zur Hälfte gegen das Centrum sich erstreckte.

I.	Lineare Dimensionen.				Quadrat-inhalt.
a. Innere Partie in Wasser	Radien = 9,5	und	15,5	Mik.	462 M.
b. Innere Partie in Schwefelsäure	„ = 23	„	30,5	„	2205 „
c. Innere Partie in Schwefelsäure später	„ = 32	„	40	„	4023 „
d. Aeussere Partie in Wasser	Dicke = 12	bis	16	„	1617 „
e. Aeussere Partie in Schwefelsäure	„ = 46 M.	Breite =	163	„	7498 „
f. Aeussere Partie in Schwefelsäure später	„ = 90 „	„ =	170	„	15300 „

Von der innern Partie wurden die grosse und kleine Axe gemessen und daraus der Quadratinhalt berechnet (a, b, c). Für die äussere Partie des im Wasser liegenden Präparats (d) wurde der ganze Querschnitt aus den beiden Axen berechnet und davon der Inhalt der innern Partie (a) abgezogen. Die durch die erste Einwirkung der Schwefelsäure entzwei gerrissene äussere Partie rollte sich soweit ab, dass sie einen Kreisquadranten darstellte; ihr äusserer Umfang hatte, als Kreisbogen gemessen, eine Länge von 176, der innere von 150 Mik., was eine mittlere Breite von 163 ergiebt (e). Die letzte Messung wurde vorgenommen, nachdem durch neuen Zusatz von Schwefelsäure ein stärkeres Aufquellen erfolgt war (f).

Eine zweite Zelle, die an der ersten anklebte und die gleiche Einwirkung des Quellungsmittels erfuhr, ergab folgende Messungen:

II.	Lineare Dimensionen.	Quadrat-inhalt.
a. Innere Partie in Wasser	Radien = 12 und 9 Mik.	339 M.
b. Innere Partie in Schwefelsäure	" = 24 " 19 "	1433 "
c. Innere Partie in Schwefelsäure später	" = 36 " 29 "	3281 "
d. Aeussere Partie in Wasser	Dicke = 24 Mik.	2829 "
e. Aeussere Partie in Schwefelsäure	" = 64 " Breite = 165 "	10560 "
f. Aeussere Partie in Schwefelsäure später	" = 128 " " = 173 "	22144 "

Die innere Partie spaltete sich auch hier in ihrer äussern Hälfte durch einen radialen Riss. Die äussere Partie rollte sich bei der ersten Einwirkung der Schwefelsäure ebenfalls so weit ab, dass der äussere Umfang einen Kreisquadranten bildete; derselbe hatte, als Bogen gemessen, eine Länge von 202 Mik., der innere Umfang dagegen 128 Mik., also im Mittel 165 Mik.

An zwei andern Durchschnitten wurden folgende Messungen gemacht:

III.	Innere Partie.	Aeussere Partie.
a. In Wasser	Radius = 15,5 Mik.	Radius = 16 Mik.
b. In Schwefelsäure	" = 42 "	" = 80 "
c. In Schwefelsäure später	" = 48 "	" = 88 "
d. In Schwefelsäure noch später	" = 54 "	" = 112 "
IV.		
a. In Wasser	Radien = 12 und 14 M.	Radien = 14 u. 16 M.
b. In Schwefelsäure	" = 44 " 50 "	" = 96 " 110 "

Aus den eben mitgetheilten Beobachtungen ergeben sich folgende Resultate für die Bastzellen der Chinarinde, die in Schwefelsäure aufquollen.

1. Die äusserste Schicht dehnte sich in tangentialer Richtung beinahe gar nicht aus. In den Durchschnitten I. und II. war der Umfang der Zelle in Wasser (d) fast ebenso gross wie der äussere Rand der durch Schwefelsäure gequollenen und zersprengten äussern Partie (e); an der Zelle I mass jener 165 Mik., dieser 176 Mik., an der Zelle II jeder 202 Mik.

2. Die innerste Schicht der äussern Partie dehnte sich in tangentialer Richtung an den beiden Durchschnitten I und II ungefähr auf die doppelte Breite aus, an I von 82 auf 150 Mik., an II von 66 auf 126 Mik. nach der ersten Einwirkung der Schwefelsäure; nach neuem Zusatz von Säure war die Ausdehnung auf etwas mehr als das doppelte gestiegen.

3. Die ganze äussere Partie wuchs in radialer Richtung auf das 5—7fache der ursprünglichen Grösse.

4. Die innere Partie mass nach der Quellung im Durchmesser $2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$mal soviel, als vor derselben. Insofern sie nicht von aussen her einriss, dehnten sich ihre einzelnen Schichten ebenso stark in tangentialer Richtung aus, als in radialer.

5. Vergleicht man die äussere und die innere Partie von I und II mit einander, so nahm der Flächeninhalt beider Partieen fast in gleichem Masse zu; aber die innere wuchs in allen Richtungen gleichmässig, die äussere vorzugsweise in radialer Richtung.

Vergleichen wir die Ergebnisse der Untersuchungen über die Quellungserscheinungen, welche an den Bastzellen der Chinarinde, des Leins und des Hanfes durch Kupferoxydammoniak oder Schwefelsäure hervorgebracht werden, so lassen sich folgende allgemeine Sätze aufstellen.

I. Das Oberhäutchen („primäre Membran") widersteht den Quellungsmitteln energisch, und dehnt sich in den Flächen-

dimensionen nicht aus. Es wird entweder in Flocken oder Bänder zerrissen.

II. Wenn an den Bastzellen die Ring- und Spiralstreifen zonenweise abwechseln, so sind es die Ringstreifenzonen, welche zuerst aufquellen. Sie lösen sich auch zuerst auf und verursachen das Zerfallen der Bastfasern in kurze Stücke.

III. Beim Aufquellen wird die Bastfaser und ebenso jede einzelne Schicht derselben kürzer und dicker, wobei eine Drehung um die Axe erfolgt und die Windungen der Spiralstreifen niedergedrückt werden.

IV. Die Volumenzunahme der einzelnen concentrischen Lamellen ist ungefähr gleich gross, oder nur wenig beträchtlicher bei den innern. Alle Lamellen haben ferner das Bestreben, stärker in die Dicke als in die Fläche aufzuquellen; aber rüchsichtlich der Quantität besteht eine bedeutende Differenz zwischen aussen und innen. Die äussersten Schichten haben nämlich verhältnissmässig die grösste Neigung zur Verdickung und die grösste Abneigung in die Fläche zu wachsen. Dieser Gegensatz zwischen Dicken- und Flächenwachsthum wird allmählich schwächer, je mehr die Lamellen nach innen liegen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

1 (1000). Stück eines aus den Epidermiszellen der Fruchtwandung von Salvia Horminum *Lin.* herausgetretenen Gallertschlauches. Aus dem oben zerrissenen Schlauche sind die beiden Spiralbänder, deren Streifen man bei a in der Durchschnittsansicht, bei b in der Flächenansicht sieht, herausgezogen.

2 (1000). Kleines Stück des Spiralbandes aus dem Gallertcylinder der Samenoberhautzellen von Collomia coccinea *Lehm.* in Kupferoxydammoniak, von der Fläche gesehen. Man beobachtet ausser der stärkern Längsstreifung zwei sehr zarte sich kreuzende Spiralstreifungen.

3 (1000). Stück eines im Wasser liegenden Samenhaares von Dipteracanthus ciliatus *Nees.* a äussere Membranschicht mit den Ring- und Spiralfasern. b herausgetretener Gallertschlauch.

4 (1000). Querschnitt durch einen solchen Gallertschlauch, an welchem man zwischen der äussern dichten Schicht und dem dunkeln Lumen 4 stärkere dichte Schichten wahrnimmt.

5 (500). Ein derartiger Querschnitt, welcher zwischen der äussern dichten Schicht und dem dunkeln Lumen bloss eine strukturlose Gallerte erkennen liess.

6 (1000). Gallertschlauch von Dipteracanthus mit verbogener Spiralstreifung, welche sich bei a in ein 6streifiges Band abrollt.

7 (1000). Ebenso; das sich abrollende Band besteht aus vier Streifen.

8 (200). Eine Baumwollenfaser in sehr verdünnter Schwefelsäure, bei a mit südöstlicher, bei b mit südwestlicher Wendung.

9 (200). Eine ebensolche, in etwas concentrirterer Säure, bei a mit südöstlicher Wendung der Spiralstreifen und südwestlicher Drehung der ganzen Zelle; bei b umgekehrt.

10 (1000). Stück eines aus den Epidermiszellen der Fruchtwandung von Salvia Aethiopis *Lin.* herausgetretenen Gallertschlauches.

11 (1000). Querschnitt durch die trockene Epidermis derselben Pflanze, in Glycerin beobachtet. Die innere Lamelle der Membran (welche beim Aufquellen sich als Spiralband abrollt) ist dichter und prismatisch.

12 (1000). Querschnitt durch einen aus den Epidermiszellen der Fruchtschale von Ocimum basilicum *Lin.* herausgetretenen Gallertschlauch. In der Zellhöhlung liegen durch Jod gefärbte Stärkekörner.

13 (1000). Kleines Stück eines solchen Schlauches, an der Fläche gesehen. Die Zeichnung zeigt die oberflächlichen Streifen; die innersten sind durch die punktirten Linien angedeutet. l Zellhöhlung.

Tafel II.

14 (500). Dickwandige Holzzelle der Fichte (Abies excelsa *Poir.*) in verdünnter Schwefelsäure, mit Ringstreifen.

15 (500). Ebenso, mit wenigen sehr deutlichen Ringstreifen.

16 (500). Ebenso, mit eigenthümlichem Verhalten der Streifen (Pag. 61).

17 (500). Eine dickwandige Holzzelle der Fichte, welche durch concentrirte Schwefelsäure von dem einen Ende aus aufgelöst wird.

18 (350). Dünnwandige Holzzelle der Fichte in verdünnter Schwefelsäure; von den Ringstreifen treten einzelne stärker hervor.

19 (600). Membran einer dickwandigen Holzzelle der Fichte, welche die gleiche Lage wie Fig. 18 hat, in stärkerer Säure.

20 (600). Membran einer dünnwandigen Holzzelle in gleicher Lage wie Fig. 18 und 19, ebenfalls in stärkerer Säure.

21 (350). Dünnwandige Holzzelle wie Fig. 18, aber in der Lage, dass die beiden Streifensysteme fast horizontal verlaufen, also etwa um 90° aus der Stellung von Fig. 18 gedreht, in verdünnter Schwefelsäure.

22 (750). Membran einer dickwandigen Holzzelle im Profil gesehen. In concentrirter Schwefelsäure haben sich die dichten Areolen deutlich von einander getrennt, nach unten hin sind dieselben bis zur Undeutlichkeit aufgequollen.

23 (700). Dünnwandige Holzzelle der Fichte, mit Spiralstreifen zwischen den Porenhöfen.

24 (700). Ebenso, an der ganzen Fläche mit Spiralstreifen besetzt.

25 (1200). Spiralstreifung an der porenlosen Stelle einer dünnwandigen Holzzelle. Durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure und Jod haben die Streifen ein gegliedertes Ansehen erlangt; der Streifen a theilt sich in zwei.

26 (700). Gekreuzte Spiralstreifen an der porenlosen Stelle einer dünnwandigen Holzzelle, bei Einwirkung von Jod und Schwefelsäure.

27 (1000). Zwei Querschnitte durch dickwandige Holzzellen der Fichte, mit Jod und concentrirter Schwefelsäure behandelt.

28 (600). Membran einer dickwandigen Holzzelle, welche die gleiche Lage wie Fig. 21 hat, in stärkerer Schwefelsäure.

29 (500). Holzzelle von Taxus baccata Lin., mit concentrirter Schwefelsäure behandelt (Pag. 63).

30 (1000). Holzzelle von Lonicera spec., mit Spiralfasern, Poren und Spiralstreifen.

31 (1000) Porenhof auf den Holzzellen der Fichte.

32 (500). Spiralgefäss aus dem Blüthenschafte von Hyacinthus orientalis *Lin.*, mit concentrirterer Schwefelsäure behandelt (Pag. 70).

33 (2000). Längsschnitt durch eine Gefässwandung mit einem Porus im Holze von Robinia Pseudacacia *Lin.* (Pag. 75).

34, 35, 36 (1500). Solche Poren, auf der Membranfläche der Gefässe gesehen.

37 (1500). Porus mit Porenhof, ebendaselbst.

38. Schematische Darstellung der Streifung auf dem Porenkanal (a) und dem Porenhof (b).

39 (500). Poröses Gefäss aus der Wurzel von Populus dilatata *Ait.*

40 (1000). Holzzelle von Kerria japonica *DC.* nach Maceration in Salpetersäure, mit Spiralfasern, Poren und Ringstreifen.

Tafel III.

41 (300). Stück einer Bastzelle der Chinarinde; man sieht die Spiralstreifen des äussern (a—a) und des innern (b—b) Schichtencomplexes, welche unter sich in entgegengesetzter Richtung gedreht sind.

42 (1000). Die Oberfläche einer solchen Zelle, welche durch Schwefelsäure etwas stark aufgequollen ist, mit zwei sich kreuzenden Systemen von Spiralstreifen.

43 (330). Ende einer Chinarindenbastzelle, welche durch concentrirte Schwefelsäure aufgelöst wird, mit einem System von Ringstreifen.

44 (300). Stück einer Bastzelle der Chinarinde; die oberflächliche Ansicht zeigt Spiralstreifen und wenig schiefe Querstreifen.

45. Schematische Darstellung eines gedrehten Porenkanals in den Chinarindenbastzellen.

46 (500). Leinwandfaser in Wasser.

47 (500). Eine Leinwandfaser, von concentrirter Schwefelsäure angegriffen; die Abblätterung beginnt an den durch Ringstreifen bezeichneten Gelenken.

48 (500) Eine solche Faser, bei welcher die Auflösung an den Gelenken so weit fortgeschritten ist, dass sie aus spindelförmigen Gliedern besteht.

49 (1000). Ein spindelförmiges Glied einer in Auflösung begriffenen Faser (Fig. 48) isolirt; die äussern Schichten stark aufgequollen und im Verschwinden begriffen.

50 (400). Ende einer längern in Kupferoxydammoniak liegenden Faser.

51 (400). Kleine Partie aus der Mitte einer solchen Faser.

52 (250). Kurzes Stück einer zerschnittenen Leinwandfaser mit beginnender Einwirkung des Kupferoxydammoniaks.

53 (250). Ebenso, mit etwas stärkerer Einwirkung des Reagens.

54 (200). Kleine Partie einer mit Schwefelsäure und Jod behandelten Hanffaser. a dünner durch den Inhalt gebildeter Faden. b Spiralband durch das zerrissene Oberhäutchen gebildet.

55 (300). Ebenso. Das Band des Oberhäutchens (b, b) ist theils ring-, theils spiralförmig; c zugekehrte, d abgekehrte Windung.

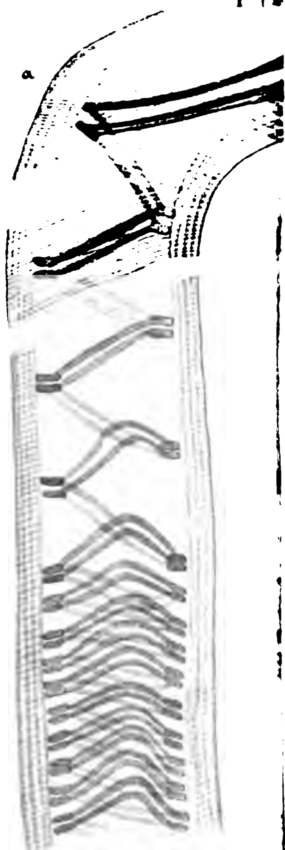
56 (200). Querschnitt einer Bastfaser der Chinarinde mit Schwefelsäure und Jod behandelt.

57 (500). Kurzes Stück einer zerschnittenen Leinwandfaser, durch Kupferoxydammoniak aufgequollen, im Querschnitt gesehen.

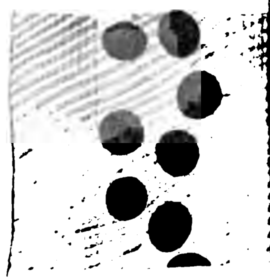
58 (500). Ebenso.

59 (500). Sehr kurzes Stück einer Leinwandfaser bei beginnender Einwirkung des Kupferoxydammoniaks. a Querschnittsansicht, b Seitenansicht.

1

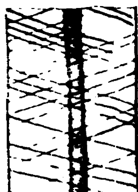


15 (1000)





14 (500)



23 (700)



40 ([illegible])



41 (300)





50

46 (300)



47 (300)



48 (300)



59 (300)





18. Ueber den Einfluss der äusseren Verhältnisse auf die Varietätenbildung im Pflanzenreiche.

(Vorgetragen den 18. November 1865.)

Die Varietätenbildung ist bis jetzt fast ohne Ausnahme als das Resultat der äussern Einwirkungen angesehen und dargestellt worden. Es wurde diess durch die Annahme der unveränderlichen Species bedingt. Dieselbe setzt nämlich voraus, dass in der Pflanze zwei principiell verschiedene Naturen vereinigt seien. Der eine Theil ihrer Eigenschaften ist constant; er ist in allen Individuen der nämliche; er wurde der ersten Pflanze, mit welcher die Art in's Dasein trat, als unveränderliches Ganzes verliehen; und verschwindet erst mit der letzten Pflanze wieder. Der andere Theil der Eigenschaften ist variabel; er wechselt von Individuum zu Individuum.

Wir kennen den Apfelbaum als Holzapfel und in vielen Hunderten von cultivirten Sorten. Alle haben etwas Gemeinsames, wodurch sie sich eben als Apfelbaum charakterisiren; dieses Gemeinsame bedingt die eine, die constante oder, um mich so auszudrücken, die ewige Natur des Apfelbaums, welche ihm anerschaffen sein soll. Aber kein Baum ist dem andern, keine Sorte der andern gleich; darin ist seine andere, die variable oder zeitliche Natur ausgesprochen.

Wenn man von dieser Annahme ausgeht, so giebt es keine natürlichere und logischere Folge, als die, es seien die veränderlichen Eigenschaften der Pflanze durch die äussern Einflüsse gegeben worden. Der in seinen spezifischen Merkmalen unveränderliche Organismus kam unter sehr verschiedene Verhältnisse, die auf ihn einwirkten; hier war es Trockenheit und Sonnenschein, dort Feuchtigkeit und Schatten; hier der kurze und kühle Sommer der Alpen, dort die lange und warme Vegetationsperiode der Ebene; hier der trockene Sand, dort der bindende Lehm; hier die kalkarme Bodenkrumme des Urgebirges, dort eine kalkreiche Unterlage.

Desshalb finden wir allerorts entweder die stillschweigende Annahme oder die laute Anerkennung des Grundsatzes, dass den Pflanzen durch die äussern Agentien ein eigenthümliches aber unendlich manigfaltiges Gepräge aufgedrückt werde, welches selbst so verschieden sein könne, dass da-

durch die constanten spezifischen Merkmale mehr oder weniger verhüllt werden. Für diesen Grundsatz, dass die Varietäten die Folge äusserer Einwirkung seien, werden manche Thatsachen angeführt. Aber man würde sehr irren, wenn man glaubte, man sei durch die Beobachtung der Thatsachen dazu geführt worden. Im Gegentheil, der Grundsatz war als selbstverständliche Consequenz eines anderweitigen Axioms gegeben und man vermeinte dann, ihn in einer Menge von Beobachtungen bestätigt zu finden.

Die Behandlung der Frage, ob die Varietäten wirklich die Folge und der Ausdruck der äussern Einflüsse seien, hat also nicht bloss eine wissenschaftliche Bedeutung an und für sich, weil sie die Ursache einer natürlichen Erscheinung zu ergründen sucht. Sie gewinnt eine erhöhte Bedeutung wegen des Zusammenhangs mit der Frage über die Unveränderlichkeit der Art. Ergäbe sich aus einer sorgfältigen und kritischen Prüfung, dass die gewöhnliche Annahme gegründet ist, so würde die Unveränderlichkeit der Species einen sehr bedeutenden Halt gewinnen. Ergiebt sich aber das Gegentheil, so wird ihr die festeste Stütze entzogen. Denn wenn es sich herausstellt, dass die Varietäten nicht Folge der äussern Einwirkungen sind, sondern durch innere Ursachen hervorgebracht werden, so ist die prinzipielle Verschiedenheit von spezifischen und von varietätlichen, von constanten und variabeln Merkmalen aufgehoben; man muss dann in der Pflanze, unabhängig von Aussen, die Tendenz abzuändern voraussetzen; die spezifische Natur selbst ist es, welche die Varietätenbildung bedingt; zwischen Art und Varietät besteht dann eine causale Beziehung, und diese Beziehung findet ihren logischen Ausdruck in der Lehre, dass die Art nichts anderes als eine weiter entwickelte Varietät ist.

Die Entscheidung von Fragen, bei denen eine lange Zeitdauer eine so wichtige Rolle spielt, und wo uns nur eine verhältnissmässig sehr kurze Erfahrung zur Seite steht, erfordert immer viel Vorsicht, diess kommt auch bei dem vorliegenden Gegenstand in Betracht; doch ist es kein Hinderniss, dass die Schlüsse aus den zu beobachtenden Thatsachen nicht die allergrösste Wahrscheinlichkeit gäben. Denn einerseits hat jede Theorie über die Entstehung der

Varietäten gewisse nothwendige Consequenzen, welche unabhängig von der Dauer sind. Wenn die klimatischen und Bodenverhältnisse die Verschiedenheiten innerhalb der Art bedingen, so muss das natürliche Vorkommen der verschiedenen Formen in gewissem Grade jenen Verhältnissen entsprechen, ob nun bloss Jahrhunderte oder Millionen von Jahren zu deren Bildung erforderlich waren. — Anderseits giebt uns auch die beschränkte Erfahrung über die Erzeugung der Racen nicht weniger feste Haltpunkte. Denn wenn auch die künstliche Racenbildung während der kurzen Beobachtungsdauer nur bis zu einem bescheidenen Grad der Abweichung und Constanz gediehen ist, so haben wir doch den Anfang einer Bewegung vor uns, und wir können beurtheilen, ob dieser Anfang die eine oder andere Theorie unmöglich macht. Trifft es sich nun, dass der erste und der zweite Weg zu dem gleichen Resultate führen, so werden wir nicht anstehen dürfen, dasselbe als festbegründet anzuerkennen.

Ehe ich in die Prüfung der Thatsachen selbst eintrete, scheint es mir zweckmässig, zum Voraus das Resultat, das sich mir ergeben hat, auszusprechen. Es heisst kurz:

die Bildung der mehr oder weniger constanten Varietäten oder Racen ist nicht die Folge und der Ausdruck der äussern Agentien, sondern wird durch innere Ursachen bedingt[1]).

---

1) Der Einfluss der äussern Verhältnisse bewirkt allerdings auch Modificationen an der Pflanze, aber es sind diess keine eigentlichen Varietäten oder Racen, sie führen auch nicht dazu und erlangen keine Constanz. Ich spreche zunächst nur von den eigentlichen mehr oder weniger constanten Varietäten, und werde später jene Modificationen berühren. Den Ausdruck Racen brauche ich mit Varietäten synonym, indem ich alle diejenigen Racen der Gärtner und Viehzüchter ausschliesse, welche nur durch besondere Ernährung

Die Richtigkeit dieses Ausspruchs, welcher gegenüber der in der jetzigen Wissenschaft gültigen Ansicht allerdings höchst paradox erscheinen mag, ergiebt sich aus zwei Reihen von Thatsachen, aus dem Verhalten der zur nämlichen Pflanzenart gehörigen Individuen einerseits unter den gleichen, anderseits unter verschiedenen äussern Verhältnissen. Dieses Verhalten aber besteht darin,

1) dass in einer Menge von Beispielen die verschiedenen Varietäten der gleichen Art auf dem nämlichen Standort, also unter den nämlichen äussern Verhältnissen vorkommen und dass die von dem Pflanzenzüchter erzeugten ungleichen Racen oder Abarten einer Species unter den gleichen äussern Bedingungen entstehen.

2) dass die nämliche Varietät einer Pflanze auf sehr verschiedenen, selbst auf den heterogensten Localitäten getroffen wird, und dass bei der Racenbildung auf künstlichem Wege die nämliche Race unter verschiedenen äussern Verhältnissen sich bilden kann.

Dieses Verhalten ist ohne Weiteres beweisend. Würden die Varietäten durch die klimatischen Einflüsse bedingt, so müsste jeder wesentlich verschiedenen Combination von solchen, also jedem ausgezeichneten Standorte eine besondere Varietät entsprechen. Eine Pflanze, die in sumpfigen Wiesen und auf trockenen Hügeln vorkommt, hätte zwei diesen Localitäten entsprechende Formen, nämlich eine Varietas paludosa und eine Varietas collina. Selbstverständlich könnte die Varietas paludosa nicht auf den trockenen Hügeln, die Varietas collina nicht in den sumpfigen Wiesen wachsen. Wenn nun eine Pflanze zwei Varietäten hat, von denen beide zugleich auf trockenen Hügeln und in

---

und Pflege oder, insofern es Pflanzen sind, durch die geschlechtslose Vermehrung conservirt werden und somit keine wirkliche Constanz besitzen.

sumpfigen Wiesen vorkommen, so dürfen wir mit vollstem Rechte sagen, dass der durch diese beiden Localitäten ausgedrückte Gegensatz nicht die Ursache der Varietätverschiedenheit ist. Wir könnten nun vermuthen, dass der Grund der Varietätenbildung in irgend einem andern äussern Moment liege. Es könnten z. B. die eine Hälfte der Hügel und zugleich auch die eine Hälfte der Sümpfe beschattet und nördlich exponirt, die andere besonnt und südlich exponirt sein. Oder es könnte die eine Hälfte der Kalk-, die andere der Schieferformation angehören u. s. w. Ist es nun möglich, zwei oder mehrere Varietäten einer Art auf alle bekannten äussern Agentien und ihre Combinationen zu prüfen und stimmt ihr Vorkommen mit keiner überein, so müssen wir sagen, dass diese Varietäten nicht durch die äussern Einflüsse erzeugt wurden.

Würden die Varietäten durch die klimatischen und Bodeneinflüsse bedingt, so könnte ferner der Gärtner aus den nämlichen Samen auf dem gleichen Gartenbeet nur eine Race hervorbringen; er müsste auf zwei verschiedenen Beeten, die wesentlich ungleiche Verhältnisse darböten, deren zwei erhalten. Wenn er aber auf dem gleichen Gartenbeet zwei oder mehrere verschiedene Racen erzielt, und wenn er auf verschieden hergerichteten Beeten die gleichen erzeugt, so sind wir gezwungen, diese Formen nicht von äusserer Einwirkung, sondern von innern Ursachen abzuleiten.

Diese Consequenzen sind für ein logisches Urtheil ganz unabweisbar. Sie sind so einfach und klar, dass gewiss jeder bei näherer Ueberlegung sie unbedingt zugeben muss. Wenn aber die Consequenzen bis jetzt nicht gezogen, wenn sogar das Gegentheil allgemein angenommen und behauptet wurde, so liegt der Grund nur darin, dass man sich nicht gründlich mit dem Gegenstand beschäftigte, dass man sich

nicht die Mühe nahm, die Fragen richtig zu stellen, dass man sich mit einer oberflächlichen Betrachtung begnügte.

Indem ich nun zu den Thatsachen übergehe, wende ich mich zuerst zu denen, welche die Beobachtung auf den Standorten ergiebt. Vor Allem aus wäre es von Interesse, diejenigen zu prüfen, welche den Anhängern der bisherigen Meinung als Beweis dienten. Aber hier treffen wir mehr auf allgemeine und vage Behauptungen, als auf bestimmte greifbare und einer kritischen Prüfung zu unterwerfende Thatsachen. Manche führen nur im Allgemeinen an, dass die Varietäten durch die Eigenthümlichkeiten des Klimas und des Bodens hervorgebracht würden. Vorsichtigere fügen jedoch bei, dass man über die besondern Wirkungen nichts wisse. Viele Systematiker, namentlich Floristen, sagen von dieser oder jener bestimmten Varietät, dass sie durch diesen oder jenen bestimmten Standort erzeugt sei. Damit ist jedoch sehr wenig Bestimmtes ausgesagt, weil daraus nicht hervorgeht, wie die äussern Faktoren auf die Abänderung eines Merkmales oder eines Complexes von Merkmalen einwirken. Ja sogar wenn man die Varietäten von verschiedenen Pflanzen, die durch den gleichen Standort erzeugt worden sein sollen, mit einander vergleicht, so findet man nicht die geringste Uebereinstimmung. Wollte man diesen Behauptungen Glauben schenken, so würde man zu der Folgerung geführt, dass die gleiche Ursache in verschiedenen Pflanzen ganz ungleiche, ja sich vollkommen widersprechende Resultate habe.

Man müsste zwar auch mit dieser ungereimten Folgerung sich zurecht finden, wenn die Behauptung überhaupt gegründet wäre. Sie stützt sich aber lediglich auf die Thatsache, dass eine Varietät auf einer bestimmten Localität wächst. Nehmen wir nun einmal die vollkommene Richtigkeit dieser Thatsache an; nehmen wir an, dass eine Varietät nur einem ganz bestimmten Standort angehörte und dass andere Varietäten der gleichen Art nicht daselbst vorkämen,

so wäre damit doch nicht bewiesen, dass die Varietät ihr Entstehen dem Standort verdanke. Es liesse sich immer noch annehmen, sie sei auf irgend eine andere Weise erzeugt worden, aber sie finde ihre Existenzbedingungen bloss auf demselben.

Doch gilt die eben gemachte Annahme, dass eine Varietät einem bestimmten Standorte angehöre, nur in den wenigsten, vielleicht in keinem einzigen Falle in ganzer Strenge. Die thatsächlichen Verhältnisse sind fast ohne Ausnahme der Art, dass der Schluss, es sei die Varietät durch den Standort hervorgebracht worden, ganz unzulässig ist; und wenn der Schluss dennoch gezogen wurde, so kann es nur dadurch erklärt werden, dass man nicht an Ort und Stelle eine kritische Prüfung vornahm, sondern sich mit dem allgemeinen Eindruck, den die Excursionen hinterliessen, begnügte und denselben im Dienste einer vorgefassten Meinung verwerthete. Ich habe in den letzten Jahren Varietäten der verschiedensten Pflanzen mit Rücksicht auf ihr Vorkommen wiederholt und genau geprüft, und nicht einen einzigen Fall gefunden, der zu der gewöhnlichen Behauptung berechtigt hätte. Alle Fälle zeigten deutlich, dass die Varietät unmöglich das Produkt des Standortes sein kann.

Es sind zwei entscheidende Thatsachen, welche bei jeder Art sich wiederholen, und welche man, wenn man den Pflanzen nachgeht, immer wieder bestätigt findet. Die eine ist die, dass eine Varietät nicht auf einen bestimmten Standort beschränkt ist, sondern auch auf andern Standorten sich findet. Wären die klimatischen und die Bodenverhältnisse varietätbildend, so müsste auf einer andern Localität die Varietät zu einer andern werden. — Die andere Thatsache, die noch leichter zu verifiziren, ist die, dass zwei Varietäten der gleichen Art auf dem gleichen Standort neben und durch einander vorkommen. Würde die Localität die Varietät bedingen, so könnte sie nur eine beherbergen.

Man möchte vielleicht, bezüglich der letztern Thatsache einwenden, dass ein Standort selbst wieder, und zwar auf kurzen Strecken, verschiedene Verhältnisse darbieten und daher auch verschiedene Varietäten erzeugen könne. Es giebt nun allerdings solche Standorte, wo rasch die Bodenverhältnisse wechseln. Aber von solchen spreche ich überhaupt nicht; sondern von Sandflächen, Torfmooren, Waiden, Wiesen, Sümpfen, Schutthalden, gleichförmigen Gebüschen und Wäldern, wo eine bemerkenswerthe Verschiedenheit ganz undenkbar ist und wo auf der nämlichen Quadratelle zwei verschiedene Varietäten der gleichen Art wohnen. Jedoch noch viel schlagender sind die Beispiele der Wasserpflanzen, sowohl der schwimmenden im süssen Wasser, als der mit einer Haftscheibe versehenen Meerpflanzen. In dem nämlichen Rasen, der auf einem Teiche schwimmt, finden wir mehrere Varietäten der gleichen Oscillaria, oder Spirogyra, Mougeotia, Zygnema, Cosmarium, Navicula etc. An dem gleichen Felsen des Meeres und in gleicher Fluth-Höhe befestigt treffen wir neben einander die zwei Varietäten einer Fucoideen- oder Florideenart.

Es ist kaum nöthig, Beispiele von Landpflanzen anzuführen; man kann sich von dem Gesagten bei der ersten [redacted]

Ackerrändern, auf Haiden, in Gebüsch- und Waldschatten, an Felsen, auf Sand und Kies, in Torfmooren, auf allen möglichen geologischen Formationen. Ein Anhänger der gewöhnlichen Ansicht, dem von Hieracium Pilosella nur diese eine Form bekannt wäre, müsste aus ihrem Vorkommen schliessen, dass die Art gar keiner Abänderung fähig sei. Die Thatsache, dass es aber noch mehrere andere Varietäten giebt, beweist uns, dass dieselben nicht durch äussere Verhältnisse hervorgebracht werden.

Es giebt kaum zwei ungleichere Standorte, als die humusarmen Haiden, wo die Gewächse in dem trockenen Kalkkies wurzeln, und die kalkarmen Hochmoore, wo die Wurzeln beständig in feuchtem Torf sich befinden. Beide kommen auf der Münchner Hochebene neben einander vor. Beide tragen, wie es sich zum Voraus erwarten lässt, im Allgemeinen eine ganz ungleiche Vegetation. Allein auf beiden findet sich die gleiche Varietät von H. Pilosella[2]).

Wie die gleiche Varietät von Hieracium Pilosella auf allen möglichen Localitäten (die der Art überhaupt zugänglich sind) vorkommt, so finden wir anderseits auf dem nämlichen Standort neben und durch einander verschiedene Varietäten der genannten Species. Auf nacktem feuchtem Lehmboden wächst neben der Varietät mit unterseits rothgestreiften, diejenige mit unterseits blassgelben Randblüthen; auf Wiesen und Waiden neben der Varietät mit unterseits weissfilzigen diejenige mit unterseits graugrünen Blättern; auf Geschiebe von Gletscherbächen und auf sandigen Waiden der Hochalpen neben der Varietät mit oberseits grünen die mit oberseits graugrünen und mit beiderseits weissfilzigen Blättern.

---

2) Ebenso die gleiche Varietät von H. praealtum, H. Auricula und einigen andern Pflanzen.

Sehr nahe verwandt mit H. Pilosella ist eine Pflanze, die als H. pilosellaeforme oder Hoppeanum unterschieden wurde. Die Ansichten über die Bedeutung dieser Form könnten nicht mehr abweichen, als sie es wirklich thun. Denn während die einen Autoren sie als besondere Art aufführen, soll sie nach Fries nicht die mindeste Constanz besitzen. Derselbe giebt nämlich an, er habe aus ihren Samen das gewöhnliche H. Pilosella erhalten. Diese Angabe muss aber ganz sicher auf einem Irrthum beruhen; denn in andern Gärten wurde die unveränderte Form aus Samen gezogen, und ferner deutet das Vorkommen auf eine sehr grosse Constanz, wofür ich später den Beweis beibringen werde[8]).

An H. Hoppeanum macht man ähnliche Beobachtungen wie an H. Pilosella. Sein Verbreitungsbezirk ist zwar viel beschränkter, doch kommt die gleiche Varietät desselben auf fetten Alpenwaiden, in Fichten-, Lerchen- und Ahornwäldern nahe der Baumgränze, in Gebüschen von Erlen und Alpenrosen, an Felsen und im Geröll von 4500—7000' vor, wobei die Unterlage ein kalkarmes oder kalkreiches Gestein sein kann; ferner in der bayrischen Ebene auf Haiden mit Kalkkies und auf Wiesenmooren. — Ebenso findet man auf der gleichen Localität oft zwei verschiedene Formen von H. Hoppeanum, so z. B. mit unterseits rothgestreiften und mit unterseits blassgelben Randblüthen, mit Involucralschuppen von verschiedener Gestalt, Färbung und Behaarung.

---

8) In Berücksichtigung der grossen Vielförmigkeit von H. Pilosella und H. pilosellaeforme und der zahlreichen Uebergangsformen zwischen beiden müssten sie nach streng systematischen Regeln als H. Pilosella vulgare und H. Pilosella Hoppeanum aufgeführt werden. Der Kürze halber nenne ich sie H. Pilosella und H. Hoppeanum.

Mit Rücksicht auf das Verhältniss von H. Pilosella und H. Hoppeanum will ich zuerst bemerken, dass es eine Mittelform giebt, welche mit gleichem Recht dem einen oder andern beigezählt wird. Ihre Köpfe sind grösser als bei Pilosella, kleiner als bei Hoppeanum, die Schuppen sind breiter und stumpfer als bei Pilosella, schmäler und weniger stumpf als bei Hoppeanum, die Ausläufer kürzer, grossblättriger und stärker als bei Pilosella, länger, schwächer und kleinblättriger als bei Hoppeanum.

Man findet nun zwar manchmal H. Hoppeanum allein auf seinem Standorte und ebenso ist H. Pilosella auch auf den Alpen sehr häufig allein. Jedoch nicht selten stehen H. Pilosella und die Mittelform, oder H. Hoppeanum und H. Pilosella, oder H. Hoppeanum und die Mittelform oder auch alle drei (H. Pilosella, H. Hoppeanum und die Mittelform) durcheinander auf der gleichen Localität.

Eine der variabelsten Pflanzenarten ist Hieracium murorum. Sie ist so vielförmig, dass sie selbst mit entfernten Arten, mit H. alpinum und H. villosum durch die unmerklichsten Uebergangsformen in Verbindung steht. Die gewöhnlichste Varietät von H. murorum (streng bodenblättrig, mit herzförmigen Blättern, mit schmalcylindrischen bloss drüsigbehaarten Involucren) kommt überall vor von der Ebene bis über 6000′, an sonnigen Abhängen und im Waldschatten, an trockenen magern und an feuchten fettern Stellen, auf kalkarmem und kalkreichem Boden. Wenn man Pflanzen dieser Varietät aus ganz Europa neben einander hielte, so müsste ein Anhänger der gewöhnlichen Theorie sie für eine der unveränderlichsten Pflanzen erklären, weil sie von den grössten Verschiedenheiten in den äussern Bedingungen unberührt bleibt.

Nun findet man aber selten einen Standort, wo nur

diese eine Varietät wächst. Meist kommen noch eine, zwei oder mehrere andere Varietäten daneben vor, z. B. die mit an der Basis gerundeten oder allmählich-verschmälerten Blättern, oder die mit fast drüsenlosen Involucralschuppen etc. Bei Grosshesselohe in der Nähe von München wachsen 4 Hieracienformen in Menge durcheinander, welche ihre nahe Verwandschaft durch einen unmerklichen Uebergang von Zwischenformen kundgeben und somit nach den bis jetzt in der Systematik geltenden Grundsätzen als die gleiche Art betrachtet werden müssten[4]).

Es sind H. murorum, H. subcaesium, H. vulgatum und H. Sendtneri[5]). Anderwärts findet man H. murorum und H. subcaesium beisammen, oder H. murorum, H. vulgatum und die Mittelform zwischen beiden (H. medianum), oder auch nur H. murorum mit H. medianum oder H. vulgatum mit H. medianum.

Wir treffen also bei zwei der vielförmigsten Pflanzenarten (Hieracium Pilosella und H. murorum mit den verwandten Formen) die übereinstimmende Erscheinung, dass einerseits vollkommen dieselbe Form unter den verschiedensten äussern Bedingungen auftritt und dass anderseits unter

---

[redacted]

den gleichen äussern Verhältnissen verschiedene Formen und zwar von denjenigen an, welche nur sehr wenig abweichen, bis zu denen, die von vielen Botanikern als besondere Arten erklärt werden', vorkommen.

In gleicher Weise findet man die Varietäten anderer Pflanzenarten auf dem gleichen Standort vereinigt, so roth- und weissblühende, wohlriechende und geruchlose, kahle und behaarte, drüsenreiche und drüsenarme, gross- und kleinblüthige, grasgrüne und meergrüne, boden- und stengelblättrige, lebendiggebärende und samenbildende Varietäten (Poa alpina und Poa bulbosa), ferner solche mit schmalen und breiten, mit stumpfen und spitzen, mit ganzrandigen und gezähnten, mit gleichen und verschiedenen Blättern, mit Ausläufern und ohne Ausläufer, mit unverzweigtem und verzweigtem Stengel.

Diess ist natürlich nicht so zu verstehen, als ob die Pflanzenvarietäten gegenüber den äussern Einflüssen sich gleichgültig verhielten. Wenn eine Pflanze in zwei Varietäten vorkommt und auf zwei Standorten lebt, so ist es wohl nur selten der Fall, dass die beiden Varietäten auf den beiden Standorten ein gleiches gegenseitiges Mengenverhältniss beobachten. Die eine wird diesen, die andere jenen Standort mehr oder weniger bevorzugen, sie schliessen aber in der Regel einander nicht gänzlich aus. Wenn zwei Varietäten der gleichen Art, A und B, auf mehreren, z. B. auf fünf verschiedenen Standorten wachsen, so beherbergt einer der letztern vielleicht die beiden Varietäten in gleicher Menge, ein zweiter hat A in grösserer, ein dritter in weit überwiegender Zahl, so dass B hier nur spärlich vorkommt; auf einem vierten und fünften Standort verhält sich das Vorkommen gerade umgekehrt. Die klimatischen und Bodenverhältnisse haben also in gewissem Grade einen bestimmenden Einfluss auf die Verbreitung der Varietäten, aber

nicht etwa in der Art, dass man daraus schliessen könnte, es sei die Varietät das Produkt des Standortes*).

Es geschieht auch, dass auf einem Standort die eine, auf einem andern die andere Varietät ausschliesslich vorkommt. Dann beobachtet man aber zwei bemerkenswerthe Thatsachen: die eine, dass auf andern Standorten sie in verschiedenen Verhältnissen untereinander gemengt sind, die andere, dass man auf der Uebergangslocalität zwischen den zwei in ausschliesslicher Weise bewohnten Localitäten nicht etwa, wie man erwarten möchte, die Uebergangsvarietät, sondern die beiden unveränderten Varietäten durcheinander findet.

Ich habe bis jetzt die Behauptungen berücksichtigt, welche bloss im Allgemeinen angeben, dass gewisse Varietäten durch gewisse Standorte hervorgebracht worden seien. Wenn sie nun auch die grosse Mehrzahl ausmachen, so giebt es doch einzelne Angaben, welche von bestimmten äussern Ursachen bestimmte Wirkungen an der Pflanze herleiten. Wasser oder Feuchtigkeit mache kahl; daher rühre die gänzliche Kahlheit bei Wasserpflanzen, die geringe Behaarung an Sumpfpflanzen, die dichte Pubescenz, die Wolle, der Filz auf trockenen Localitäten. Licht mit Trockenheit

[redacted]

aquatilis und von Trapa natans vielfach haarförmig getheilt, die schwimmenden ungetheilt oder gelappt seien; daher sollen an feuchten schattigen Standorten die Blätter länger, getheilt und gestielt, an trockenen dagegen kürzer, ungetheilt und sitzend werden; daher seien an feuchten schattigen Localitäten die Pflanzen stengelblättrig mit mehr aufrechten, an trockenen bodenblättrig mit mehr ausgebreiteten Blättern.

Diese dürften wohl als die zuverlässigsten Angaben zu betrachten sein, zugleich als diejenigen, die am wahrscheinlichsten klingen, und für die man viele Beispiele finden wird, welche ein kritikloses Urtheil als Bestätigung der gewöhnlichen Meinung ansehen mag. Insofern sie aber zur Erklärung der Varietätenbildung dienen sollen, sind sie sicher unrichtig. Betrachten wir diejenige Behauptung etwas näher, welche am häufigsten und nicht nur von Systematikern, sondern auch von Pflanzenphysiologen ausgesprochen wurde, Feuchtigkeit mache kahl, Trockenheit behaart. Dass die Wasserpflanzen in der Regel kahl sind, berührt die Frage nicht unmittelbar. Denn es frägt sich sehr, ob landbewohnende Potamogeton- oder Myriophyllum-Arten, wenn es solche gäbe, behaart wären. Anderseits giebt es behaarte Fucoideen.

Es ist sehr zweifelhaft, ob Samen der nämlichen Pflanze auf feuchter Localität mehr kahle, auf trockener mehr behaarte Individuen geben. Mir ist kein Factum hiefür bekannt, und ich glaube nicht, dass jemand die Frage, so gestellt, mit Grund bejahen könnte. Uebrigens auch hierauf kommt es nicht eigentlich an, sondern darauf, ob feuchte Localitäten kahle, und trockene Localitäten behaarte Varietäten hervorbringen. Diess ist entschieden zu verneinen, und der Beweis dafür um so leichter beizubringen, als es viele Pflanzenarten giebt, deren Varietäten durch schwächere oder stärkere Behaarung von einander abweichen.

Solche Varietäten wird man entweder immer oder wenigstens hie und da neben einander auf dem gleichen Standort finden Von Campanula pusilla, C. rotundifolia und C. Scheuchzeri giebt es Varietäten mit kahlen und mit graubehaarten Blättern; die letztern sind seltener. Beide kommen immer unter einander vor. Auf trockenen Waiden findet man häufig unter den kahlen einzelne behaarte Pflanzen. Im Rheinwaldthal (circa 6000′ ü. M.) sah ich auf einer von herabfliessendem Wasser ganz benetzten Stelle die behaarte Varietät von C. rotundifolia in grösserer Menge und darunter einzelne kahle Pflanzen. Nach meinen Erfahrungen müsste ich eher sagen, bei Campanula entspreche die reichlichere Behaarung den feuchteren Standorten. Campanula persicifolia hat kahle und behaarte Kapseln; beide Varietäten kommen zusammen vor. So findet man ferner kahle und beharrte Formen von Mentha-Arten, von Veronica scutellata u. A. Man findet Varietäten von Veronica spicata, Thymus Serpyllum, Achillea nana, A. Millefolium, Papaver alpinum, von Erigeron-Arten, Cerastium-Arten und von vielen anderen Pflanzen mit sehr ungleicher Behaarung auf der nämlichen Localität unmittelbar neben einander.

Es ist nicht nöthig, dass ich auch auf die andern der vorhin angeführten Merkmale weitläufiger eintrete. Insofern sie wirkliche Varietäten charakterisiren, ergiebt die genaue Prüfung immer, dass sie nicht durch den Standort hervorgebracht werden. Wir finden z. B. die glauke Form mit den Sternhaaren nicht nur an trockenen sonnigen, die dunkelgrüne und drüsige Form nicht nur an feuchten und schattigen Orten; sondern beide kommen unter einander an den einen und andern Orten vor. Ebenso verhält es sich mit den sitzendblättrigen und gestieltblättrigen, mit den boden- und stengelblättrigen, mit den ganz- und getheiltblättrigen Formen etc.

Die angeführten Merkmale sind nicht die einzigen, die von bestimmten äussern Einflüssen abgeleitet werden. Ich erwähne aber anderer Behauptungen nicht, da sie allzu unbestimmt gehalten sind [7]).

Wenn ich bis jetzt zeigte, dass eine grosse Zahl von Varietäten nicht durch äussere Einflüsse erklärt werden können, so gilt diess nicht von allen abweichenden Bildungen überhaupt. Denn es ist an und für sich klar, dass eine jede äussere Potenz, welche einer Abstufung fähig ist, auch eine verschiedene Wirkung auf den Organismus haben muss. Diese Wirkung giebt sich hauptsächlich in der Steigerung oder Schwächung einzelner Processe kund. So

---

7) Man kann kaum eine Spezialflora durchblättern, ohne einzelne solcher Angaben zu treffen. Eine systematische Durchführung ist mir nur in den Werken Hegetschweilers bekannt, namentlich in dessen Beiträgen zu einer kritischen Aufzählung der Schweizerpflanzen 1831 und in seiner Flora der Schweiz 1840. Hegetschweiler als ein denkender und strebsamer Forscher konnte mit dem grundsatzlosen Verfahren der Systematik, welches die Species nach subjectivem Takte zurechtlegt, nicht befriedigt sein. Er suchte die Vielförmigkeit der Natur zu begreifen und glaubte diess aus der Vielförmigkeit der äussern Verhältnisse zu können Er führte seine Reformen nicht in der Studirstube, sondern auf zahlreichen Excursionen aus. Und wenn sein Unternehmen schliesslich missglückte, so zog die Wissenschaft doch einen Gewinn daraus. Denn es musste vielleicht der Versuch einer konsequenten Durchführung vorausgehen, um dem Gedanken Eingang zu verschaffen, dass die Ursachen der manigfaltigen Formen überhaupt auf einem andern Wege zu suchen sind. Dass Hegetschweiler nicht selbst zu dieser Einsicht kam, begreift sich leicht. Auf dem Boden der Unveränderlichkeit der Art stehend, blieb ihm, wie ich schon Eingangs zeigte, nichts Anderes übrig, als die Varietäten durch die äussern Einflüsse zu erklären. Die unkritische Methode aber, welche ihn die Mängel seiner Theorie übersehen liess, theilte er mit der ganzen Richtung seiner Zeit, insofern es sich um Erklärung von Erscheinungen in der organischen Welt handelte.

nimmt die Pflanze auf verschiedenen Standorten grössere oder geringere Mengen einer chemischen Verbindung auf; verschiedene Grade der Beleuchtung und der Temperatur wirken begünstigend oder hemmend auf gewisse chemische Vorgänge. Desswegen enthalten Pflanzen der nämlichen Varietät eine ungleiche procentige Zusammensetzung. Sie sind je nach dem Standorte reicher an bestimmten unorganischen Verbindungen, je nach dem Klima oder dem Jahrgang reicher an gewissen organischen Stoffen. Es ist bekannt, dass das Licht die Bildung von Farbstoffen, die Wärme dagegen die Bildung von Zucker auf Kosten von Säuren und Gerbstoffen, die Bildung von ätherischen Oelen, Alkaloiden etc. begünstigt. Reichliche Mengen von Nährstoffen verbunden mit einer passenden Temperatur und hinreichender Beleuchtung vermehren die Assimilation und Ernährung, machen demnach Zellen und Organe grösser und zahlreicher und vermehren die Trockensubstanz. Auf magern Stellen bleiben die Gewächse klein, wenigblüthig, unverzweigt, mit kurzgestielten, wenig zertheilten Blättern. Auf fettem Boden werden sie gross, reichbeblättert, mit länger gestielten und tiefer zertheilten Blättern; sie verzweigen sich stark und tragen reichliche Blüthen. Eine Vermehrung der Wasserzufuhr allein, bei gleichbleibender Aufnahme der übrigen Nährstoffe, vergrössert die Pflanze und ihre Theile ohne Vermehrung der Trockensubstanz. Die Gewebe werden grossmaschiger und weicher, die Stengel und ihre Internodien gestreckter, die Blattstiele länger, die Blattspreiten tiefer gelappt[8]).

---

8) Darauf dürfte sich die Wirkung des Wassers beschränken. Es wird derselben freilich, auch abgesehen von der Varietätenbildung auf feuchten Standorten, von der ich schon gesprochen habe, noch viel mehr zugeschrieben. Es ist jedoch dabei zu berücksichtigen, dass eine feuchte Localität, auch wenn die Bodenbeschaffenheit ganz

Aber alle diese Veränderungen bedingen noch keine eigentlichen Varietäten und führen auch nicht zur Racenbildung. In die nämliche Kategorie gehören auch die Veränderungen, welche die Gewächse durch ungleiche verticale Erhebung erfahren. Man spricht in den Floren viel von Alpenvarietäten. Eine unbefangene Würdigung der Thatsachen zeigt uns, dass die direkte Einwirkung einer beträchtlichen Höhe vorzugsweise in einer geringern Ernährung besteht, was theils durch die in geringerer Menge vorhandenen Nährstoffe, theils durch die niedrigere Temperatur und die kürzere Vegetationsperiode bedingt wird. Das Alpenklima bewirkt also stets, dass eine Pflanze ihre Theile in geringerer Zahl und Grösse ausbildet. Die Alpenpflanzen sind klein, wenigblättrig, wenigblüthig, mit spärlicher oder mangelnder Verzweigung; ihre Blätter klein und wenig getheilt; der Wuchs gedrungen, weil die Stengelinternodien verkürzt sind, was ein Zusammenrücken der Blätter und Zweige zur Folge hat. Dass diese Veränderungen in nichts anderem als in mangelhafter Ernährung bestehen, geht deutlich daraus hervor, dass ähnliche kleine und gedrungene Formen auf magern Standorten der Ebene, dagegen schlanke,

dieselbe bleibt, nicht bloss durch grössere Wasserzufuhr wirkt, sondern dass sie der Pflanze unter Umständen auch eine bessere Ernährung ermöglicht. Es wird aber ferner die Bodenbeschaffenheit der feuchten Localität in der Regel eine andere sein, als die der angrenzenden trockenen, indem das Wasser verschiedene gelöste Mineralstoffe mitbringt und dieselben durch Absorption in der Bodenkrumme zurücklässt. — Was die von der Einwirkung des Wassers abgeleitete Verschiedenheit zwischen den untergetauchten und schwimmenden Blättern einiger Wasserpflanzen betrifft, so ist die Ursache jedenfalls in andern Momenten zu suchen. Denn die Verschiedenheit ist schon durch die Anlage gegeben und diese Anlage bildet sich für beide Blattarten unter den nämlichen Verhältnissen rücksichtlich der Wassermenge.

hohe, verzweigte Formen auf fetten Plätzen der Höhe gefunden werden. So habe ich noch vor Kurzem auf Piz Ot und Piz Languàrd im Oberengadin bei einer Höhe von 9500 Par. Fuss ein halbes Dutzend Phanerogamen beobachtet, die den merkwürdigsten Gegensatz zeigten, je nachdem sie bei freier Lage fast auf dem kahlen Gestein oder nur einige Fuss davon entfernt bei geschützter Lage in Felsspalten, wo sich eine grössere Menge von Dammerde angehäuft hatte, wuchsen. Die ersteren waren jene stengellosen, winzigen Gewächse der Eisregion, die letztern grösser und caulescirend, wie man sie sonst zwischen 6000 und 7000′ findet. Aehnliche Beobachtungen machte ich in gleicher Höhe vor längerer Zeit am Monte Rosa und kürzlich am Rheinwaldhorn (Bündten) und Sustenhorn (Berneroberland).

Diese Merkmale bedingen auch hier noch nicht für sich die constante Varietät. Häufig aber kommen andere Modificationen hinzu und durch die letztern entstehen wirkliche Varietäten, welche wie begreiflich den Habitus der Alpenpflanzen ebenfalls an sich haben. Aber die gedrungene Kleinheit ist ihnen nur accidentell eigen; sie ist es nicht, welche das Wesen der Race bedingt. Diess ergiebt sich klar aus dem Umstande, dass zuweilen auch die Race der Ebene in die Alpen steigt und neben der alpinen Race vorkommt, mit der sie dann Kleinheit und Gedrungenheit gemein hat, oder dass die Alpenrace in die Ebene sich verliert und grösser, schlanker und ästiger wird. Aus diesen Thatsachen müssen wir schliessen, dass das Alpenklima für sich nicht die Race zu bilden vermag. Wenn diess der Fall wäre, so müsste die Alpenrace sich allmählich mit zunehmender Höhe ausbilden, was wohl nie beobachtet wird, und sie dürfte nicht neben der Race der Ebene vorkommen, was fast immer da oder dort der Fall ist.

Dass die geringere und grössere Erhebung überhaupt

nichts Wesentliches an der Pflanze ändert, sehen wir deutlich aus vielen Arten, die in der Ebene und auf hohen Gebirgen die gleiche Form zeigen. Urtica dioica und Chenopodium bonus Henricus steigen bis über 5000′. Vaccinium Myrtillus und V. uliginosum kommen von der Ebene bis 8000′, Empetrum nigrum von der Ebene bis 7500′, Parnassia palustris von der Ebene bis über 6000′, Orchis conopsea und odoratissima von der Ebene bis über 7000′, Achillea Millefolium von der Ebene bis 8000′ vor. Eriophorum alpinum wächst von 1600 bis 6000′, Pinguicula alpina von 1400 bis 6000′, Linaria alpina von 1600 bis über 8000′, Saxifraga oppositifolia von 1300 bis 9000′, Saxifraga Aizoon von 1300 bis 9000′, Rhododendron ferrugineum von 700 bis über 7000′ etc.

Diese Pflanzen, und besonders die zuletzt genannte, beweisen, wie wenig die klimatischen und Bodenverhältnisse auf die varietätliche Veränderung der Gewächse Einfluss haben. Rhododendron ferrugineum wächst meistens auf kalkarmem Gestein; es kommt aber auch auf Kalk vor und zwar nicht etwa bloss auf Lehm, der den Kalk überlagert, oder auf einer dicken Humusschichte, sondern auch auf fast nackten Kalkfelsen. Im schweizerischen Jura ersetzt es sogar das Rhododendron hirsutum. Es kommt ferner an sonnigen und schattigen, an trockenen und feuchten Localitäten vor. Es lebt einerseits nahe der Grenze des ewigen Schnees, wenigstens über 7000′; anderseits steigt es bis in die oberitalienische Ebene hinunter. Am Comersee und am Langensee kommt es bei 700′ vor. Ich fand es letztes Jahr am Eingang in die Sementinaschlucht bei Bellinzona, im Kastanienwald und in der nächsten Nähe von Weinreben, Feigen- und Pfirsichbäumen. Einen Unterschied gegenüber der hochalpinen Form bemerkte ich nicht.

Man wird nun zwar einwenden, dass nicht alle Pflanzen

gleich empfänglich für äussere Eindrücke seien. Diess ist allerdings richtig, aber unter den genannten muss wenigstens Achillea Millefolium als variabel bezeichnet werden. Ueberdem habe ich oben schon Hieracium Pilosella erwähnt, welches in der nämlichen Form von der Meeresküste bis über 7000′ hoch steigt, obgleich es zu den wandelbarsten Gewächsen zählt; ich könnte noch andere Hieracien nennen, die sich ähnlich verhalten. Was aber besonders entscheidend ist, alle diese Gewächse, die in der nämlichen Varietät von der Ebene bis in die Alpen gehen, zeigen ihre Empfänglichkeit für äussere Eindrücke, indem sie die vorhin bemerkten Veränderungen annehmen. Sie werden kleiner, gedrungener, ihre Organe sind in geringerer Zahl vorhanden: ein Beweis, dass die äussern Verhältnisse in allen ähnlich, wenn auch in ungleichem Grade wirken.

Die Verschiedenheit dieser Einwirkung von der eigentlichen Varietätenbildung zeigt sich klar, wo beide neben einander auftreten. Ein Beispiel, wofür ich wieder Hieracium Pilosella wählen will, wird diess am besten darthun. Ich habe schon bemerkt, dass die gewöhnliche Form dieser Art auf allen möglichen Standorten vorkommt. Auf fetten Plätzen der Ebene wird sie verlängert und üppig, auf magern Waiden des Hochgebirgs klein, gedrängt, mit verkürzten Stolonen. Aehnliche kleine Formen kommen aber auch im Thal auf sehr magern und trockenen Stellen vor, während bei 4500 und 5500′ an Ackerrändern oder an Strassendämmen sehr grosse und verlängerte Pflanzen gedeihen. In der Ebene und in den Alpen kommen neben der gewöhnlichen Varietät verschiedene Modificationen derselben vor. Ausserdem giebt es eine Form, die man als Alpenvarietät bezeichnet hat, H. Hoppeanum. Dass dieselbe aber nicht ein Product des Alpenklimas ist, ergiebt sich aus dem Umstande, dass H. Pilosella ebenfalls in den Alpen vorkommt und selbst noch etwas höher hinauf-

geht. Auch wäre mit dieser Annahme wenig in Harmonie der andere Umstand, dass H. Hoppeanum in allen Theilen grösser und stärker ist, als das gewöhnliche H. Pilosella, mit Ausnahme der verkürzten Stolonen.

Man könnte nun vielleicht sagen, es sei nicht das Alpenklima überhaupt, sondern eine besondere Modification desselben, welche H. Hoppeanum erzeugt habe. Dass diess nicht der Fall sein kann, erhellt aus der schon früher hervorgehobenen Thatsache, dass H. Pilosella und H. Hoppeanum in den Alpen oft auf der nämlichen Localität vorkommen, und dass nicht selten mit dem einen oder andern oder mit beiden auch die Mittelform vergesellschaftet ist. Ferner wächst H. Hoppeanum neben H. Pilosella auch in der Ebene bei München und bei Augsburg; die Mittelform fehlt hier ebenfalls nicht.

Die wirklichen Alpenvarietäten, d. h. diejenigen, welche nicht bloss durch kleinen und gedrungenen Wuchs abweichen, sind also nicht eine Folge des Alpenklimas. Wenn sie sich ausser der Kleinheit noch durch andere Merkmale, dieselben mögen noch so unbedeutend sein, und z. B. in nichts anderem, als in grössern Blumen bestehen, von der gewöhnlichen Form unterscheiden, so bilden sie sich immer unabhängig von den klimatischen und Bodenverhältnissen aus, und wenn eine solche Alpenvarietät, was aber selten der Fall ist, als der einzige Repräsentant ihrer Species in den Alpen überhaupt oder auf besondern Localitäten derselben auftritt, so ist es nur, weil sie als die existenzfähigere Form die übrigen verdrängt hat.

Die ganze bisherige Beweisführung stützt sich auf die Thatsachen, 1) dass die Varietäten nicht nur unter den äussern Verhältnissen vorkommen, die man als ihre Ursache betrachtet, sondern auch unter ganz abweichenden Verhältnissen, und 2) dass zwei verschiedene Varietäten, die nach der gewöhnlichen Ansicht verschiedene äussere

Einflüsse voraussetzen, neben einander, somit unter ganz den nämlichen Einflüssen getroffen werden. Man könnte hiegegen, und mit dem Anscheine einiger Berechtigung, folgende Einwendung machen. Die Varietäten würden allerdings durch die Einwirkung der klimatischen und Bodenverhältnisse erzeugt. Dadurch dass sie durch viele Generationen auf dem nämlichen Standort gelebt und dessen Einwirkung erfahren hätten, wären sie zu grösserer oder geringerer Constanz gelangt, und wenn sie nun auf einem andern Standorte sich ansiedelten, so behielten sie noch einige Zeit lang die unveränderten Varietätsmerkmale, und giengen dann erst in die diesem neuen Standorte entsprechende Varietät über.

Dieser Einwurf erscheint plausibel; denn er stellt ein Analogon mit der Racenbildung durch künstliche Zuchtwahl auf. Bei der letztern wird ein Merkmal oder eine Gruppe von Merkmalen durch eine Reihe von Generationen gehäuft und die Constanz wird um so grösser, je länger die Vererbung statt gefunden hat. Es ist nun, wie ich schon erörtert habe, unzweifelhaft, dass die Pflanze, welche unter veränderte äussere Verhältnisse gebracht wird, auch ihre Merkmale etwas verändert. Die Frage ist aber, ob diese Veränderung durch mehrere Generationen hindurch fortdauern und sich steigern könne, und ob gleichzeitig die Constanz zunehme. Gegen diese Theorie sind drei, wie mir scheint, ganz entscheidende Einwürfe zu machen; es widersprechen ihr 1) die Natur der wirkenden Einflüsse und die Art und Weise ihrer Einwirkung, 2) die damit übereinstimmenden Erfahrungen der Cultur, 3) die Verhältnisse des Vorkommens.

Auf die beiden erstern Punkte werde ich später eintreten. Den letzten, welcher mit dem Vorhergehenden in Verbindung steht, will ich sogleich noch kurz berühren.

Die Verhältnisse des Vorkommens müssten sich, wenn

der eben erörterte Einwurf gegründet wäre, folgendermaassen gestalten. Jede Localität würde die ihr eigenthümliche Varietät beherbergen, und mit dem Uebergang der Localitäten würden sich auch die Varietäten allmählich ändern und in einander übergehen. In Folge der Samenverbreitung durch den Wind und die Thiere würde man nun zwar auf einer Localität nicht bloss die ihr zukommende, sondern möglicher Weise auch andere dahin geführte Formen antreffen. Aber diess könnte nur als Ausnahme von der Regel auftreten, um so mehr als die eingewanderte Varietät nach längerer oder kürzerer Dauer in die Form des Standortes sich umändern müsste. Damit stimmen aber nicht die beobachteten Thatsachen, namentlich nicht die weite und häufige Verbreitung der gleichen Varietät über die ungleichartigsten Standorte und das Vorkommen von zwei verschiedenen Varietäten der gleichen Pflanzenart auf grossen gleichförmigen Localitäten. Ueberhaupt erscheint in der Wirklichkeit die Uebereinstimmung zwischen Varietät und äussern Verhältnissen als Ausnahme, während sie nach der Theorie als Regel sich geltend machen müsste.

Wenn die Varietäten constant gewordene Standortsformen wären, so müsste sich ein wesentlicher Unterschied in der Verbreitung der Formen zeigen, je nach der Leichtigkeit, mit der sie ihren Wohnort ändern. Pflanzen, deren Früchte oder Samen durch den Wind weit verbreitet werden, könnten sporadisch auch auf vielen andern Localitäten vorkommen. Solche dagegen, deren Samen sich nicht weit entfernen, müssten streng an der Localität, die sie erzeugte, festhalten. Mit der langsamen Verbreitung auf andere Standorte müsste auch eine langsame Umbildung erfolgen. Diese logische Folgerung ist in der Wirklichkeit wieder nicht erfüllt. Wir sehen durchaus keinen Unterschied in der Verbreitung von Gewächsen mit transportabeln und nicht transportabeln Samen. So stehen die beiden Varietäten

der gewöhnlichen Eiche (Quercus Robur pedunculata und sessiliflora), die beiden Varietäten der Haselnuss (mit rundlichen und ovalen Früchten) überall durcheinander.

Die Vorkommensverhältnisse sind, wie wir eben gesehen haben, selbst für den ungünstigsten Fall beweisend, für den Fall nämlich, dass die Varietäten leicht auf fremden Standorten unter den Varietäten der letztern sich ansiedeln. Die Erfahrung zeigt nun aber, dass eine Pflanze nur schwer sich einen neuen Platz erobert und dass sie es manchmal auch gar nicht vermag. Es giebt Pflanzenarten und Varietäten, welche unter gewissen Umständen auf einem Standorte sich nicht ansiedeln können, wenn eine verwandte Art oder Varietät denselben bewohnt. Solche Beispiele finden wir an Achillea atrata und A. moschata, Rhododendron ferrugineum und Rh. hirsutum, Primula officinalis und P. elatior, Hieracium Pilosella und H. Hoppeanum, Orchis conopsea und O. odoratissima, an Arten von Erigeron, Rhinanthus und anderer Gattungen.

Ich werde in einer folgenden Mittheilung diesen Punkt erörtern und will hier nur das Factum, soweit es für den vorliegenden Fall von Interesse ist, kurz berühren. Es giebt Gebirgsstöcke, auf denen Achillea atrata und A. moschata streng nach der geologischen Unterlage geschieden sind. Erstere gehört dem Kalk an, letztere dem Urgebirge (Granit, Gneis, Glimmerschiefer, grauer Schiefer etc.). Man hat daraus geschlossen, A. atrata könne nur auf kalkreicher, A. moschata nur auf kalkarmer Unterlage wachsen. Man hat selbst gemeint, die eine wäre die Varietät der kalkarmen, die andere der kalkreichen Localitäten und sie verwandelten sich in einander, wenn sie auf ihre gegenseitigen Standorte gelangten. Weder das Eine noch das Andere ist richtig. Denn A. moschata gedeiht auch ganz gut auf Kalk, und A. atrata ebenso auf

Urgebirge, wenn jede Form allein ist. Sind sie in Gesellschaft, so scheiden sie sich nach der geognostischen Unterlage aus. Wir können diess nur so erklären, dass wir annehmen, es komme A. moschata besser auf kalkarmem Boden fort, als A. atrata, diese dagegen auf kalkreichem Boden besser als die erstere. Daher verdrängen sie sich gegenseitig, wenn sie als Concurrenten auftreten. Da es Hänge in den Alpen giebt, die, soweit der Kalk reicht, ausschliesslich mit A. atrata, und soweit sie aus Schiefer bestehen, ausschliesslich mit A. moschata bedeckt sind, und da diese zwei Standorte mit ihren Pflanzen unmittelbar an einander grenzen, so beweist uns diess, wie schwer es einer Form wird, auf dem ungünstigern Standort sich anzusiedeln, wenn ein Mitbewerber ihr denselben streitig macht.

Ich habe hier ein Beispiel angeführt, wo die beiden Pflanzen eine ungleiche Empfindlichkeit gegen die chemische Beschaffenheit der Unterlage zeigen. In andern ist es die physikalische Constitution des Bodens, welche zwar an und für sich das Vorkommen jeder einzelnen von zwei Pflanzenformen gestattet, welche aber, wenn beide vereint auftreten, bald die eine bald die andere als die stärkere erscheinen lässt, und daher den Ausschluss der Mitbewerberin veranlasst.

In gleicher Weise müsste es sich mit allen Varietäten verhalten, welche constant gewordene Localitätsformen wären. Jede bewohnte zuerst den Ort, dem sie ihr Dasein verdankt; von hier aus suchte sie auf andere, ihr fremde Standorte überzugehen. Diese waren aber mit den ihnen eigenthümlichen Varietäten besetzt und mussten daher dem Eindringling fast unüberwindliche Hindernisse darbieten. Denn wir müssen doch immer annehmen, dass eine Varietät auf der Localität, auf welcher sie erzeugt wurde, auch existenzfähiger sei, als eine andere, die unter andern äussern

Bedingungen entstanden ist. Das Durcheinandervorkommen der Varietäten, wie es in der Wirklichkeit vorhanden ist, lässt sich also nicht mit der Theorie vereinen, dass dieselben constant gewordene Standortsformen seien. Diese Schwierigkeit fällt dagegen weg, wenn die Varietäten durch innere Ursachen entstanden sind. Es ist dann ganz gut möglich, dass zwei oder mehrere derselben gegen gewisse äussere Verhältnisse sich gleich verhalten, dass auf gewissen Standorten keine als die existenzfähigere erscheint und die andere zu verdrängen vermag, dass sie also daselbst neben einander bestehen können.

Ich habe bis jetzt die Thatsachen erörtert, welche das Vorkommen der Gewächse auf ihren natürlichen Standorten darbietet. Eine andere Reihe von Thatsachen geben uns die Culturversuche und die Bildung von Racen oder Varietäten im Garten. Das übereinstimmende Resultat der letztern ist, dass die nämlichen klimatischen und Bodeneinflüsse die gleichzeitige Entstehung von zwei und mehreren verschiedenen Racen gestatten. Auf demselben Gartenbeet und aus den Samen derselben Pflanze können durch eine Reihe von Generationen, wenn die gegenseitige hybride Befruchtung vermieden wird, Varietäten mit verschiedenen Blättern, Blüthen, Früchten, Wurzeln, mit verschiedener Verzweigung, Behaarung u. s. w. sich ausbilden. Es kann selbst die Abänderung in entgegengesetzter Richtung erfolgen; es können neben einander Racen mit grossen und kleinen Blättern, Blüthen, Früchten, Samen, mit dünnen und dicken Wurzeln, mit reicher und spärlicher Verzweigung, mit aufrechten und hängenden Zweigen, mit zerschlitzten und mit ungelappten Blättern entstehen. Daraus geht unzweifelhaft hervor, dass

wir die Ursachen der Variation unmöglich in den äussern Verhältnissen suchen können.

Ein anderes wichtiges Moment ist, dass bei der Racenbildung nicht etwa die Veränderung in allen Individuen gleichmässig erfolgt, sondern dass sie nur einzelne trifft. Wenn die äussern Einflüsse die Veränderung bewirkten, so müssten alle Individuen, die denselben ausgesetzt sind, die übereinstimmende Wirkung erfahren. Säet man aber Samen des gleichen Pflanzenstockes, selbst der gleichen Samenkapsel auf dasselbe Beet aus, so zeigt vielleicht eine einzige Pflanze eine Abänderung, welche bei fortgesetzter Aussaat zur Racenbildung führt, indess die übrigen Pflanzen und ihre Nachkommen der ursprünglichen Race treu bleiben.

Mit den Erfahrungen der Gärtner stimmen bekanntlich die der Thierzüchter überein. In dem nämlichen Taubenschlag, in dem nämlichen Stall und auf der gleichen Waide bleibt eine Race in den einen Individuen unverändert, in andern Individuen bildet sie sich zur neuen Race um.

Es werden vielleicht Gärtner und Thierzüchter hiegegen einige Einwendungen machen und sagen, dass es bei der Racenbildung auch auf die Zubereitung der Erde und auf die Ernährung der Thiere ankomme. Diess ist immer richtig, wenn es sich um Racenmerkmale handelt, die durch die lebhaftern oder trägern Funktionen einzelner organischer Thätigkeiten bedingt werden. Solche Merkmale werden aber nie constant, und wir sollten eigentlich ihre Träger nicht mit dem Namen einer besondern Race bezeichnen. Ich werde auf diesen Punkt noch später zurückkommen.

Wenn uns die Beobachtungen in der freien Natur eine fast unbeschränkte Menge von übereinstimmenden Beispielen vorführen, wo wir die Forderung der Theorie mit der Wirklichkeit vergleichen können, so giebt uns die Cultur zwar nur eine beschränkte Zahl von Beispielen, aber diese ersetzen den äussern Mangel durch grossen innern Werth;

Grad erreicht hat, so hört auch die Steigerung der Constanz auf. Wenn z. B. mit der 20. Generation die grösstmögliche Veränderung in der bestimmten Richtung eingetreten ist, so kann die 50. und 100. Generation sie an Constanz nicht übertreffen.

Damit steht in Uebereinstimmung, dass nicht jede Eigenschaft, welche sich lange vererbt hat, desswegen auch constant geworden ist. Diess gilt namentlich von den Veränderungen, welche die äussern Einflüsse an den Pflanzen unmittelbar bewirken. Wie ich schon früher bemerkte, bestehen dieselben vorzugsweise in einer Steigerung oder Schwächung einzelner Processe. Die Wirkung entspricht der Ursache und muss mit dieser aufhören. Auf einem fruchtbaren Boden werden die Pflanzen gross, stark verzweigt und reichblüthig; aber niemand kann daran denken, dass diese Eigenschaften Constanz erlangen. Nach der hundertsten Generation werden die Pflanzen, wie nach der zweiten, auf einem magern Boden klein, unverzweigt und armblüthig ausfallen. — In einem warmen Sommer werden die Trauben süss, in einem kalten sauer. Wenn 99 ununterbrochene Generationen der Weinrebe nur warme Sommer gesehen hätten, so würde die hundertste in kalter Witterung doch wieder saure Früchte geben. — Wenn eine Pflanze während einer noch so langen Reihe von Generationen in Folge Lichtmangels bleichsüchtig gewesen ist, so wird sie doch, sobald das Licht wieder voll einwirkt, auch wieder intensiv grün werden. Wird ein Wald umgehauen, so treten verschiedene krautartige Pflanzen auf, von denen einige während langer Zeit, möglicherweise Jahrhunderte hindurch, als Stolonen mit bleichen unausgebildeten Blättern ein kümmerliches Dasein fristeten. Sowie die warmen Sonnenstrahlen nach der Abholzung den Boden treffen, so entwickeln sich diese Gewächse so üppig, und mit so lebhafter Färbung, als ob sie sich dessen nie entwöhnt hätten.

[redacted]

Die direkten Folgen der äussern Ursachen können also keine Constanz erlangen. Es liesse sich nun aber vermuthen, dass damit anderweitige indirekte Veränderungen verknüpft wären, welche zur Racenbildung führten. Es könnte die chemische und moleculare Natur durch eine lange Einwirkung so weit umgewandelt werden, dass dadurch noch bestimmte andere Merkmale, ausser den berührten direkten Folgen, hervorgebracht würden. Es könnte eine Pflanze, die einerseits auf einen an Humus, Feuchtigkeit, Kali- und Phosphorsalzen reichen Boden, anderseits auf einen trockenen und magern Boden kommt und daselbst während vieler Generationen bleibt, nicht bloss am einen Ort wohlgenährt und üppig, am andern Orte klein und schmächtig ausfallen, sondern in Folge der dauernden Einwirkung ungleicher Ernährung zugleich soweit in ihrer Constitution umgestimmt werden, dass sie auf den beiden Standorten zu zwei verschiedenen Racen sich umbildete: zwei Racen, die sich nicht bloss durch Grösse, sondern durch eigenthümliche Form und Farbe der Blätter, durch eigenthümliche Zähnung oder Kerbung derselben, durch eigenthümliche Form und Verzweigung des Stengels, durch eigenthümlichen Blüthenbau, durch eigenthümliche Behaarung etc. auszeichneten.

Die theoretische Möglichkeit, dass sich durch den Einfluss der klimatischen und Bodenverhältnisse auf indirektem Wege eine Race bilde, lässt sich also nicht bestreiten. Es ist nun aber die Frage, ob die Erfahrungen mit den Consequenzen dieser Theorie zu vereinen sind. Die nächste Folgerung wäre die, dass auf einem Standorte alle Individuen einer Art sich umbilden müssten, und dass die Umbildung nur in derselben Richtung erfolgen könnte. Denn gleiche Ursachen bringen gleiche Wirkungen hervor. Die Pflanzen zeigen zwar individuelle Verschiedenheiten; sie besitzen vielleicht eine ungleiche Empfänglichkeit für die neuen Einflüsse und fangen daher nicht gleichzeitig zu variiren

an. Aber da sie nicht nur der gleichen Race angehören, sondern überdies noch möglichst gleichartig vorausgesetzt werden, so müsste die Veränderung in allen den nämlichen Weg einschlagen.

Mit dieser Forderung stehen die Beobachtungen über das Vorkommen der Racen, wie ich bereits gezeigt habe, und ebenso die Erfahrungen über künstliche Racenbildung im Widerspruche. Auf dem nämlichen Gartenbeet gelingt es dem Gärtner, wie schon erwähnt, nicht nur eine Race unverändert zu conserviren, sondern auch aus ihr mehrere neue Racen, selbst solche, die als direkte Gegensätze zu betrachten sind, zu erziehen.

Man könnte vielleicht den Einwurf machen, dass die Pflanzen, wenn auch auf demselben Beete beisammen, doch nicht den gleichen Einflüssen ausgesetzt seien, die Erde sei ein Gemenge von verschiedenen Bestandtheilen, es könne daher geschehen, dass die Wurzeln der einen Pflanze mit ganz andern Stoffen in Berührung kommen, als die der übrigen. Es wäre leicht auf die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Annahme hinzuweisen und dafür verschiedene Gründe anzuführen. Diess ist überflüssig, da sich die Unmöglichkeit der Annahme aus dem Erfolge darthun lässt. Wenn unter 100 Pflanzen, die auf einem Beete stehen, eine einzige abändert (z. B. weiss blüht, oder geschlitzte Blätter hat, oder frühzeitiger ihre Früchte reift), so müsste gemäss dem gemachten Einwurfe der Boden auf 100 Stellen einmal anders beschaffen sein. Es würde bei einer folgenden Aussaat wieder nur eine Abweichung auf 100 Exemplare geben können. Es giebt deren aber, wenn Samen von jener einen Pflanze ausgesäet werden, viel mehr und früher oder später trägt das ganze Beet bloss Pflanzen der neuen Race. Daraus folgt, dass der Boden entweder überall eine gleiche Beschaffenheit hat, oder dass, wenn seine Beschaffenheit

wechselt, diese Verschiedenheit für die Racenbildung ohne Bedeutung ist.

Wie unter den gleichen Verhältnissen ungleiche Racen entstehen, so bleiben sie, einmal gebildet, in ihrer Ungleichheit beständig, trotz dem, dass die gleichen Einflüsse auf sie einwirken. Die Racen der ein- und zweijährigen Gewächse (die also nur durch Samen sich fortpflanzen) bleiben unverändert, wenn man sie in dem gleichen Garten oder auf den gleichen Feldern neben einander cultivirt. Kein Gärtner und kein Landwirth zweifelt daran, dass er von Mais, Waizen, Gerste, Hafer oder von Zierpflanzen beim Aussäen wieder die gleiche Sorte erhalte. Man wird vielleicht sagen, die Dauer des Versuches sei hier zu gering, um eine Ausartung erwarten zu können. Für junge, erst kurze Zeit bestehende Racen wäre dieser Einwurf ungegründet. Für alte Culturracen aber haben wir zwei Reihen von Thatsachen, die unwiderleglich sind.

Einmal werden manche derselben seit Jahrtausenden in verschiedenen Ländern, unter verschiedenen klimatischen und Bodenverhältnissen gezogen, ohne dass sie desswegen in ebenso viele Racen auseinander gegangen wären. Die süssen Mandeln kannte man vor Plinius' Zeit im Orient, in Griechenland und in Italien; sie werden immer noch in diesen Ländern, ebenfalls in China cultivirt, ohne dass sie in den verschiedenen Gegenden jetzt verschieden wären. Ganz das Gleiche gilt für die bittern Mandeln, deren Cultur in denselben Ländern ebenso alt ist. Die sechszeilige Gerste wurde von den alten Indern, von den Aegyptern, den Griechen und Römern gebaut; sie findet sich noch in diesen Ländern, ohne verschiedene Racen gebildet zu haben. Aehnliches lässt sich für verschiedene andere Culturpflanzen nachweisen.

Die zweite Reihe von Thatsachen besteht darin, dass zwei oder mehrere Racen der nämlichen Art, seit Jahr-

tausenden in der nämlichen Gegend gepflanzt wurden, ohne dass man für sie eine ungleiche Behandlung rücksichtlich des Bodens oder anderer Verhältnisse anwendete. Trotzdem, dass sie also die gleichen Einflüsse erfahren haben, beharrten sie in ihrer Verschiedenheit; so die süssen und bittern Mandeln, die Getreidesorten etc.

Die Ursache, warum die Culturracen unverändert fortbestehen oder sich in andere Racen umwandeln, kann also nicht in der Einwirkung von klimatischen und Bodenverhältnissen gefunden werden. Sie liegt einerseits in der grössern oder geringern Neigung einer Pflanze, individuelle Abänderungen zu bilden, anderseits in dem Umstande, ob die künstliche Zuchtwahl derselben zu Hülfe kommt oder nicht.

Auch die in den botanischen Gärten cultivirten Pflanzen sprechen durchaus nicht für eine Umbildung der Varietäten durch äussere Ursachen. Zwei noch so nahe stehende Varietäten oder Racen, die aus dem Freien in den Garten verpflanzt werden, bleiben hier unverändert neben einander, insofern ihre Eigenschaften unabhängig von einer reichlicheren oder spärlicheren Ernährung sind. Man bemerkt zwar häufig eine Umbildung an den Gartenpflanzen; sie besteht aber nur in einer bessern Ernährung. Dieselben sind grösser, üppiger, mit reicherer Verzweigung. Ganz gleiche Exemplare findet man aber auch im Freien an fetten humusreichen Stellen [9]).

9) Man liest jetzt nicht selten in systematischen Werken, die oder jene Form sei eine gute Art, denn sie habe sich im Garten unverändert erhalten. Culturversuche sind gewiss sehr wichtig; sie erweisen, was an der Pflanze durch den Standort bedingt war. Aber sie geben nicht den geringsten Aufschluss darüber, ob eine Form eine bessere oder schlechtere Varietät, eine bessere oder schlechtere Art sei; denn sie vermögen nicht zu zeigen, welchen Grad der Constanz eine Pflanze erreicht hat.

[redacted]

Wenn die klimatischen Einflüsse eine Umbildung bewirken könnten, so sollte man diess namentlich an denjenigen Gewächsen, die aus fernen Ländern stammen, wahrnehmen. Man sollte die grösste Einwirkung der Cultur einerseits an Pflanzen der Tropen und der südlichen Hemisphäre, andererseits der höchsten Alpen und des höchsten Nordens wahrnehmen, was aber nicht der Fall ist.

An die Ergebnisse der Cultur in historischer Zeit reihen sich einige Fälle an, wo es möglich ist, die Resultate der Cultur in der Natnr während einer unvergleichlich viel längern Zeit zu beobachten. Wenn sich nämlich von einer Pflanze bestimmen lässt, zu welcher Zeit sie in verschiedene Gegenden gekommen ist, so können wir untersuchen, ob und welche Verschiedenheiten sie jetzt zeigt, und wir können darnach den Einfluss der klimatischen Verhältnisse beurtheilen. Im ersten Theil dieser Mittheilung habe ich von dem Vorkommen der Varietäten auf verschiedenen Standorten, ohne Rücksicht auf die bestimmte Zeitdauer, während welcher sie sich daselbst befinden, gesprochen. Ich will jetzt noch auf einige Fälle hinweisen, wo dieser Factor in die Rechnung gebracht werden kann.

Die letzte Periode, in welcher eine grosse Veränderung in der Verbreitung der Gewächse stattgefunden hat, ist die Eiszeit. Seitdem haben dieselben ihren Wohnort, mit wenigen Ausnahmen, die hauptsächlich auf Rechnung des Menschen fallen, nicht gewechselt. Zur Eiszeit war das Flachland von Mitteleuropa sammt den brittischen Inseln vom Meer bedeckt, aus welchem nur die Gebirgsländer als Inseln emporragten. Nach derselben, als der Boden sich gehoben hatte und das Klima wärmer geworden war, wanderten Pflanzen von Osten her ein, indess von den einheimischen Gewächsen die meisten sich in die höhern Regionen der Gebirge zurückzogen. Pflanzen, welche in Frankreich, Deutschland, Ungarn, Polen, Russland und Sibirien

zugleich vorkommen, bewohnen diese Länder sehr wahrscheinlich seit nahezu der Eiszeit, besonders wenn sie leicht transportable Samen besitzen. Pflanzen, die zugleich auf den Alpen, den Pyrenäen, im Caucasus und im hohen Norden leben, befinden sich daselbst mindestens seit der Eiszeit, weil seitdem die Communication gehemmt war.

Es giebt nun eine ganze Zahl von Pflanzen, die einige oder alle der genannten Tiefländer, die alle oder einzelne der genannten Gebirge und den Norden bewohnen, und die daselbst in der gleichen Varietät vorkommen. Müssen wir nicht den Einfluss der klimatischen und Bodenverhältnisse auf die Umbildung der Varietäten gleich Null setzen, wenn dieselben nicht vermochten, während so langer Zeit sich geltend zu machen?

Es ist überflüssig, noch weitere Beispiele von Gegenden anzuführen, die eine gleiche oder eine längere Zeit durch Meere getrennt waren, und die von denselben Varietäten bewohnt werden.

Ich will nur noch zwei Fälle aus den Alpen selbst anführen. Während der Eiszeit standen die durch Thäler und Ebenen getrennten Berge vermittelst der Gletscher in Verbindung, so dass alpine Gewächse von einem auf den [redacted]

seite der Alpen gedeutet werden. Die eben genannten Standorte sind weit von den Alpen entfernt und die Verbreitung der Pflanze auf ziemlich grosse Strecken unterbrochen.

Wir können also, um bloss einige extreme Standorte herauszuheben, sagen, die rostblättrige Alpenrose habe seit der Eiszeit hochalpine bis 7000′ und darüber liegende kalkarme und kalkreiche Localitäten, ferner den warmen und trockenen Jura, endlich die oberitalienische Ebene von 700 bis 1800′ bewohnt, ohne eine bemerkbare Verschiedenheit erlangt zu haben.

Aehnlich wie mit der Alpenrose verhält es sich mit Hieracium Pilosella und H. Hoppeanum. Letzteres, das sonst in den Alpen von 4500—7000′ gefunden wird, kommt unterhalb München auf Haiden und in Torfmooren vor. Man könnte vermuthen, dass es von der Isar herabgeschwemmt worden sei, wie diess mit so vielen Alpenpflanzen der Fall ist. Allein diese Annahme ist nicht gerechtfertigt. Heruntergeschwemmte Alpenpflanzen finden sich da und dort im Kies des Flusses, und zwar unter gleichen Verhältnissen um so häufiger, je mehr man sich dem Gebirge nähert; sie verbreiten sich wohl auch an dessen nächste Abhänge. H. Hoppeanum kommt aber sonst im ganzen Isarthal nicht vor; es mangelt in den nächsten Alpen. Sein nächster Standort im Flussgebiet der Isar ist auf einigen Bergen bei Partenkirchen, in einer Entfernung von mehr als 13 geographischen Meilen Flusslänge. Ferner durchströmt der Fluss (die Loisach) auf seinem Wege einen See, wodurch der weitere Transport von Pflanzen und Samen unmöglich wird. Endlich findet sich die Pflanze bei München nicht im Kies der Isar, sondern auf der Haide und im Moor und entfernt sich bis auf mehr als 3 geographische Meilen vom Fluss. Dieses Vorkommen spricht entschieden dafür, dass H. Hoppeanum zur Eiszeit mit den Gletschern heruntergekommen ist und sich seit jener Zeit auf einem

vorgeschobenen und isolirten Posten behauptet hat. Von ebenso langer Dauer muss das Vorkommen der gleichen Pflanze auf verschiedenen räumlich weit von einander getrennten Localitäten der Alpen sein. Trotzdem finden sich in der bayerischen Ebene, auf den bayerischen und den andern Alpen vollkommen die gleichen Formen dieser Pflanze. Bei Hieracium Pilosella gilt das Nämliche für noch viel ungleichere Localitäten.

Hier ist auch einer Theorie von A. de Candolle zu erwähnen. Indem derselbe (Géogr. bot. 1088) annimmt, dass eine lange Einwirkung von äussern Einflüssen die Arten verändern und dauerhafte Varietäten bilden könne, gesteht er jedoch ein, er kenne nur eine einzige Eigenschaft, die sich durch das Klima gebildet habe, nämlich die Eigenschaft dem Frost zu widerstehen. Er führt für seine Ansicht zwei Gründe an. Der eine ist die Angabe von Hooker fil., dass Samen von Pinus und Rhododendron, die in einer bedeutenden Höhe des Himalaya gesammelt wurden, gegen den Frost dauerhaftere Pflanzen liefern, als Samen von geringerer Höhe. Der andere ist die Thatsache, dass die Arten, welche in wärmeren Gegenden, namentlich auf Inseln leben, bei uns die Kälte nicht ertragen, was de Candolle davon herleitet, dass sie während Jahrtausenden der Wärme ausgesetzt gewesen und ihre Natur gleichsam darnach geformt hätten.

Ich war a priori durchaus nicht gegen diese Theorie; ich hielt sie für möglich, selbst für wahrscheinlich. Die thatsächliche Begründung scheint mir aber noch sehr mangelhaft. Da ich die Entscheidung der Frage für wichtig halte, so sei es mir gestattet, einige kritische Anmerkungen zu der Beweisführung zu machen, und dann die Art und Weise darzulegen, wie nach meiner Ansicht das Factum, wenn es sich bestätigen sollte, zu erklären wäre.

Ich setze die vollkommene Richtigkeit des von Hooker

berichteten Verhaltens von Samen aus grösserer und geringerer Höhe voraus. Aber ich frage mich, ob der daraus gezogene Schluss berechtigt sei. 1) Ist der Versuch hinreichend oft wiederholt, dass man ihn für sicher halten kann, und dass man wirklich annehmen darf, der Erfolg rühre nicht von irgend welchen Nebenumständen her, sondern bloss von dem verschiedenen Klima, in welchem die Samen reiften? 2) Wenn diess unzweifelhaft ist, sind die geringen Erhebungen und die Regionen der untern Verbreitungsgrenze ebenso angemessen der Natur der fraglichen Arten, wie höhere Gegenden; oder gedeihen sie in den letztern vielleicht besser und geben desshalb besseren Samen und stärkere Pflanzen?

Beide Einwürfe werden an einem Beispiel klarer hervortreten. Wenn das Klima den von de Candolle vermutheten Einfluss hat, so wird es sich ebenso an den in kalten Gegenden wachsenden Pflanzen bestätigen. Eine Alpenpflanze, die von 3000 bis 9000′ Meereshöhe vorkommt, wird das Klima der Ebene leichter ertragen, wenn die Samen bei 3000′, als wenn sie bei 9000′ gesammelt werden. Denn die bei 3000′ wachsenden Pflanzen haben sich während langer Dauer über ein Clima geformt, welches dem der Ebene nicht sehr ungleich ist. — Ich wünschte darüber Auskunft zu erhalten; aber ich bekam sie nicht. An Theorieen mangelt es zwar nicht, aber an sicheren Thatsachen. In den einen Fällen wurde zwar beobachtet, dass Samen, in geringerer Höhe gesammelt, besser aufgingen und dauerhaftere Pflanzen gaben. In andern Fällen zeigte sich das Umgekehrte; und meistens liess sich eine Verschiedenheit nicht angeben. Offenbar überwiegen hier noch die Zufälligkeiten und Fährlichkeiten, welche mit der Cultur der Alpenpflanzen überhaupt verknüpft sind. Ferner wurden bis jetzt keine vergleichenden Versuche angestellt, welche sich gerade die Lösung des angeregten Problems zum Ziele setzten.

Solche Versuche, die mit gehöriger Umsicht und Kritik ausgeführt würden, könnten allein die Entscheidung geben.

Eine Thatsache scheint mir sicher, nämlich, dass einige sehr tief hinabsteigende Alpenpflanzen in der Cultur nicht gedeihen, namentlich auch nicht zur Blüthenbildung gelangen, wenn sie von den tiefsten Standorten in den Garten gepflanzt werden, während sie von höhern Localitäten gut gedeihen und reichlich blühen. Ich erkläre mir diess folgender Maassen. Eine Pflanzenart befindet sich an den Grenzen ihres Verbreitungsbezirkes unter den ungünstigsten Bedingungen; denn eine geringe Veränderung der äussern Verhältnisse macht ihr Fortkommen unmöglich. Sie gedeiht hier also weniger gut, ist in schwächern, krankhafteren Exemplaren vertreten und giebt dem entsprechend auch weniger guten Samen. Es ist somit begreiflich, dass wenn die schon von Natur schwächlichen Pflanzen von der untern Verbreitungsgrenze einer Alpenart unter noch ungünstigere äussere Einflüsse versetzt werden, sie denselben weniger zu widerstehen vermögen, als kräftigere Pflanzen von einem höhern Standort, der ihrer Natur vollkommen angemessen ist.

Ich habe früher erwähnt, dass Hieracium Pilosella bis über 7000′ hoch steigt und dass das sehr nahe verwandte, sonst den Alpen angehörende H. Hoppeanum bei München vorkommt. Man sollte nun vermuthen, H. Pillosella, von den höchsten Standorten in den Garten verpflanzt, gedeihe schlecht, weil es sich über ein alpines Klima geformt hat, H. Hoppeanum aus den nächsten Umgebungen in Cultur genommen, komme gut fort. Es verhält sich gerade umgekehrt; ein Beweis, dass andere Verhältnisse hier massgebend sind.

Von der merkwürdigen Verbreitung der rostblättrigen Alpenrose wurde ebenfalls schon gesprochen. Für die Cultur dieser schönen Pflanze müsste es, wenn das Klima die

[redacted]

Natur zu ändern vermöchte, von Wichtigkeit sein, ob man Samen und Pflanzen vom Jura, aus den Urgebirgsalpen oder vom Comersee holte. Es wäre selbst zu fürchten, dass die Pflanzen aus der oberitalienischen Ebene unser Klima zu kalt fänden. Der Versuch wäre jedenfalls zu machen; das Ergebniss würde von grosser Wichtigkeit sein[10]).

---

10) Die Schlüsse, welche man aus der Cultur der Alpenpflanzen zieht, modifiziren sich je nach den Ansichten, die man über die Ursachen des Gelingens oder Misslingens hegt. Nach meiner Meinung ist die Temperatur entscheidend. Alpenpflanzen und nordische Pflanzen gedeihen desswegen in unsern Gärten nicht, weil es ihnen zu warm ist. Der Sommer ist zu lang; seine mittlere Temperatur und die Extreme sind zu hoch.

Man hat diese so einfache und einer unbefangenen Vergleichung sich unmittelbar aufdrängende Ansicht durch andere Erklärungen ersetzen wollen, dabei aber meist wichtige thatsächliche Verhältnisse übersehen. Ich spreche hier nur von einer dieser Erklärungsweisen, weil sie in enger Verbindung mit dem im Texte besprochenen Problem steht.

A. de Candolle (Géogr. bot. 325) kommt zu dem Schlusse, dass die Alpenrose auf den höchsten Bergen durch den Mangel an Wärme (nicht durch die Kälte) am Höhersteigen und umgekehrt am Fusse der Alpen durch die Winterkälte und nicht durch die Sommerwärme am Tiefergehen verhindert werde. Uebrigens sollen noch viele andere Alpenpflanzen in der Ebene und am Fusse der Berge durch die Winterfröste leiden. Desswegen müsse man dieselben in den botanischen Gärten im Winter wie Gewächse südlicher Länder bedecken.

Wenn diese Theorie richtig wäre, so müsste die verticale Verbreitung von Rhododendron durch einen breiten Gürtel unterbrochen sein. Die Pflanze würde hinuntergehen bis dahin, wo die mächtige Schneedecke der Höhe aufhört, und ihr keinen Schutz mehr gewährt; sie müsste dann dort wieder beginnen, wo sie auch ohne Schneedecke den milden Winter überdauert. Diess ist nicht der Fall. Rhododendron ferrugineum findet sich in der Nähe der oberitalienischen Seen von 700 bis 1300′, und wahrscheinlich höher. Auf der Nordseite der Alpen fängt Rh. hirsutum bei 1800′,

Berücksichtigen wir noch die andere von A. de Candolle erwähnte Thatsache, dass Pflanzen, welche Jahr-

---

Rh. ferrugineum bei 1700′ an; von dieser untern Grenze bis zur obern Grenze von 7000′ ist keine Höhe ausgeschlossen.

Wenn die Theorie von A. de Candolle über die Ursache der Verbreitung der Alpenpflanzen richtig wäre, so müssten viele derselben auf den boromäischen Inseln leicht zu ziehen sein und in unsern Gärten müsste die Cultur bei frostfreier Ueberwinterung leicht gelingen, was wohl nicht der Fall ist.

Gegen die Annahme, dass die Alpenpflanzen desswegen in der Ebene nicht fortkommen, weil ihnen die schützende Schneedecke der Alpen mangelt, scheinen mir überhaupt zwei Gründe zu sprechen:

1) Es mangeln in den Alpen die Erscheinungen, welche schädlich wirken sollen, nämlich Schmelzen des Schnees mit abwechselnden Frösten, keineswegs; nur treten sie einige Monate später ein.

2) Viele Alpenpflanzen sind im Winter gar nicht von jener mächtigen Schneedecke, von der man so häufig spricht, geschützt. Es giebt in den Gebirgen an Felswänden und an andern sehr steilen und den Stürmen ausgesetzten Hängen genug mit Pflanzen bewachsene Stellen, wo kein halber Fuss Schnee liegen bleibt. Es giebt selbst viele Pflanzen, welche den ganzen Winter über unbedeckt bleiben. Wer eine ordentliche Kletterpartie gemacht hat, wird genug solcher Standorte gesehen haben; und sie sind oft gerade von den schönsten und kräftigsten Exemplaren bevölkert. Ich sage nicht zu viel, wenn ich behaupte, dass 80 Prozente aller Arten ausnahmsweise solche schneefreie Stellen bewohnen.

Wenn man die Alpenpflanzen in unsern Gärten bedeckt, so geschieht es mehr, weil man sie vor dem Aufthauen schützen will. Die Annahme, dass dieselben von den Winterfrösten leiden, beruht zum Theil auf Irrthum, weil schon im Sommer der Keim des Todes sich entwickelt, der Tod aber erst im nächsten Frühjahr, wo die Pflanze treiben sollte, deutlich wird. Zum Theil ist dieselbe jedoch richtig, aber die Pflanzen leiden bloss desshalb durch die Fröste, weil sie in der ungewöhnlichen Sommertemperatur krank und schwach geworden sind. — Es ist übrigens noch zu bemerken, dass das Herausheben der kleinen Alpenpflanzen durch den Frost, wenn dieselben noch nicht gut bewurzelt sind, eine Erscheinung ist, die auch andere kleine Pflänzchen mit ihnen theilen.

tausende lang ein heisses Klima bewohnt haben, in kältern Ländern zu Grunde gehen. Die Argumentation ist folgende: Eine Art war entweder von Anfang an nur für ein heisses, oder sie war sowohl für ein heisses als für ein kaltes Klima befähigt. In letzterm Falle hat sie durch einen längern Aufenthalt unter den Tropen die Fähigkeit, in gemässigten und kalten Gegenden zu leben, eingebüsst. Wenn wir nun wüssten, ob es wirklich Arten giebt, die zu der zweiten Kategorie gehören oder nicht, so wäre die Frage entschieden. A. de Candolle sagt, Pflanzen, die auf Continenten (z. B. in Mexico oder in Indien) leben, beweisen nichts. Denn denselben stand kein Hinderniss im Wege, sich nach Norden auszubreiten und wenn sie es nicht gethan haben, so müsse angenommen werden, dass eine physiologische Ursache ihnen von Anfang an nicht gestattete, die Kälte zu ertragen. Anders verhalte es sich mit den Pflanzen, die auf den Inseln leben (z. B. auf St. Helena, Madeira); diesen war zu jeder Zeit die Möglichkeit der Wanderung abgeschnitten; sie konnten es nicht mit einem kältern Klima versuchen. Man habe ihnen nun diese Möglichkeit verschafft; man habe sie in unsere Gärten verpflanzt, und es zeige sich, dass sie unsere Kälte nicht ertragen. Also sei ihnen durch einen langen Aufenthalt in einem warmen Klima eine besondere Constitution verliehen worden.

Ich sehe die Nöthigung zu dieser Folgerung nicht ein. Die Frage ist, ob die auf Inseln lebenden Arten von Anfang an ihre jetzige Natur hätten oder nicht. Mit Sicherheit lässt sich diess nicht entscheiden. Aber es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Pflanzen der Inseln sich in dieser Beziehung verhalten wie diejenigen, die in gleichen Breiten auf den Continenten sich befinden. Da nun die letztern, nach der Annahme de Candolle's, von Anfang an nicht für ein kälteres Klima geeignet waren, so müssen

mannigfaltiges Vorkommen darbieten? Sind Arten, die in den Alpen, in den Pyrenäen, im Caucasus, im hohen Norden in der gleichen systematischen Form auftreten, innerlich gleich oder ungleich? Die Zeit, während welcher sich die innere Verschiedenheit hätte ausbilden können, mangelt bei diesen Beispielen gewiss nicht. Ob dieselbe wirklich vorhanden ist, müsste sich bei passenden Culturversuchen ergeben. Das Resultat lässt sich zwar nicht mit Sicherheit voraussehen, aber nach Allem, was bis jetzt bekannt ist, dürfte es wenig wahrscheinlich sein, dass eine innere Umbildung ohne grössere oder kleinere Abweichungen im äussern Habitus eine constante Race zu bilden vermöge [11]).

---

11) Die vorliegende Frage steht in inniger Beziehung zur Frage über die Acclimatisation. Wenn die äussern Einflüsse eine Umstimmung in der chemisch-physikalischen Beschaffenheit eines Organismus hervorrufen könnten, so hätte die Acclimatisation im gewöhnlichen Sinne eine wissenschaftliche Berechtigung. Es wäre bloss ihre Aufgabe, die Versuche ohne Zuchtwahl während hinreichend langer Zeitdauer fortzusetzen. Wenn aber, wie ich glaube, die äussere Einwirkung für sich direkt nichts vermag, so hängt der Erfolg der Acclimatisation lediglich davon ab, ob sich nützliche Abänderungen bilden, und die Aufgabe besteht darin, fleissig zu züchten und aus der zahlreichen Nachkommenschaft immer wieder nur diejenigen Individuen zur Nachzucht zu verwenden, welche von dem neuen Klima am wenigsten leiden. Diess scheint mir der einzige rationelle und erfolgversprechende Weg zu sein, wenn er auch die Wünsche und Hoffnungen der Acclimatisationsgesellschaften auf ein schnelles Resultat wenig befriedigen dürfte. Es handelt sich also nicht darum, eine Pflanzen- oder Thierform an neue Verhältnisse zu gewöhnen, sondern darum, aus derselben eine für diese neuen Verhältnisse passende neue Varietät oder Race zu erzielen. Dass diess möglich ist, zeigen uns die vielen Sorten der Obstbäume, von denen die einen für südliche, die andern für nördliche Gegenden geeignet sind.

Ich habe in dem Vorstehenden die Thatsachen erörtert, welche uns die Vorkommensverhältnisse in der Natur und die Erfahrungen über die Cultur geben. Die Ergebnisse waren folgende:

1) Die Varietäten sind nicht so über die verschiedenen Standorte vertheilt, dass man jene als das Produkt dieser annehmen dürfte, indem einerseits die gleiche Varietät auf den verschiedensten Localitäten, anderseits auf der gleichen Localität die verschiedensten Varietäten der gleichen Art leben.

2) Bei der Cultur entstehen auf dem gleichen Standorte zwei oder mehrere Racen. Die gleiche Race kann sich auf Standorten von wesentlich verschiedener Beschaffenheit während einer äusserst langen Dauer, selbst während eines geologischen Zeitabschnittes unverändert erhalten; während der gleichen Zeitdauer können zwei Racen der gleichen Art unter ganz gleichen äussern Bedingungen ihre Verschiedenheit bewahren.

3) Die Varietätenbildung wird demnach durch innere Ursachen bedingt. Die äussern Einflüsse bringen nur Modificationen von untergeordneter Bedeutung und ohne Fähigkeit, irgend eine Constanz zu erlangen, hervor, Modificationen die sich vorzüglich durch Grössen- und Zahlenverhältnisse charakterisiren.

Ich will noch kurz ausführen, wie ich mir den Vorgang bei der Varietäten- oder Racenbildung denke. Alle äussern Einflüsse wirken auf die Pflanze ein, jeder verursacht eine seinem Angriff entsprechende grössere oder kleinere Veränderung. Diese Veränderungen treffen zunächst die chemische und physikalische Constitution; wenn sie ein gewisses Maass erreichen, so werden sie auch im Habitus und der äussern Form der Pflanze bemerkbar. Im Allgemeinen können wir zweierlei Veränderungen unterscheiden, solche welche unmittelbar sich als die Folgen der äussern Einwirkungen

kundgeben, und solche, bei denen diess nicht der Fall ist. Die erstern stellen sich immer ein; sie lassen sich zum voraus berechnen; sie sind unfähig, irgend eine Constanz zu erreichen, weil sie zu den äussern Agentien in unmittelbarem causalem Verhältniss stehen; — sie bewirken die Standortsmodificationen. Die letztern sind für unsere Beobachtung und Beurtheilung noch ein Räthsel; sie scheinen zu den äussern Einflüssen ganz ohne Beziehung zu sein; sie treten zunächst als individuelle Erscheinungen auf, erlangen aber unter Umständen eine grössere oder geringere Constanz; — sie führen zur Bildung von Varietäten oder Racen.

Wenn eine Pflanze auf verschiedene Localitäten kommt, so wird sie sogleich von denselben affizirt. Eine grössere Menge von Nährstoffen macht sie grösser und üppiger. Höhere, aber nicht zu hohe Temperatur befördert die Bildung von Zucker, ätherischen Oelen, Bitterstoffen, Alkaloiden. Grössere Lichtmenge bewirkt intensivere Färbung. Feuchtigkeit macht die Gewebe grossmaschiger und weicher. Diese äussern Ursachen können Formen hervorbringen, die einander sehr ungleich sehen; die Lichtform der Hochalpen weicht beträchtlich von der Schattenform der Ebene ab. Die erstere ist klein, unverzweigt, fast stengellos, mit wenigen kleinen ungetheilten, dichtgedrängten Blättern, mit einer oder wenigen Blüthen und mit lebhafter Färbung aller Theile. Die zweite ist gross, verzweigt, mit zahlreichen grossen, getheilten, entfernt stehenden Blättern, mit zahlreichen Blüthen und mit blasser Färbung der Gewebe.

Diese Standortsmodificationen, so unähnlich sie einander sind, stellen doch keine eigentlichen Varietäten oder Racen dar. Denn sie haben keine Constanz. Auf einem andern Standorte gehen sie in die demselben entsprechende Modification über. Die Cultur entscheidet daher immer, ob eine Pflanzenform der einen oder andern Categorie beizuzählen

sei. Zwei Gewächse, die bloss in Standortsmerkmalen von einander differiren, müssen, neben einander in den Garten gepflanzt, vollkommen gleich werden.

Die Lehre von den unmittelbaren Folgen der äussern Einwirkung findet eine allseitige Anwendung in dem Betriebe des Gärtners und des Landwirths. Darauf beruht das Düngen, das Begiessen, das Warm- und Kaltstellen, das Beschatten; und wenn sich auch die Folgen bloss im Allgemeinen voraussagen lassen, so hängt das mit der noch mangelhaften Erfahrung zusammen. Niemand kann daran zweifeln, dass sich einst mit grosser Genauigkeit wird bestimmen lassen, was die äussern Medien, eine gewisse Düngung, eine gewisse Temperatur, eine gewisse Lichtmenge in der oder jener Pflanze unmittelbar bewirkt.

Diese unmittelbaren Veränderungen treten in allen Individuen, welche den nämlichen äussern Einflüssen ausgesetzt sind, ein. Desswegen machen sich die Localitätsmerkmale auf einem gleichförmigen grössern Standorte überall ganz gleichmässig und gleichzeitig bemerkbar. Ausserdem giebt es aber noch gewisse Eigenschaften, welche von Individuum zu Individuum wechseln; die Tochterpflanze ist von der Mutter, die Schwesterpflanze von der Schwester verschieden; die Abweichung ist bald äusserst gering, bald aber auch so beträchtlich, dass sie die Localitätsverschiedenheiten überwiegt. Man kann diese individuelle Veränderung nicht von den äussern Einflüssen herleiten, weil diese ja in dem gegebenen Falle auf alle Pflanzen gleich wirken; sie rührt von innern Ursachen her[12]).

12) Wenn ich von innern Ursachen spreche, so verstehe ich darunter die Gesammtheit der Erscheinungen, welche das Individuum ausmacht und mit der es der Aussenwelt gegenübertritt. Darin sind natürlich die Folgen der äussern Einwirkungen, welche es selber früher erlitt, und welche alle seine Vorfahren erlitten, inbegriffen.

Die Verschiedenheiten zwischen den Individuen bestehen, wie die von aussen angeregten Localitätsmodificationen, zunächst in chemischen und physikalischen Veränderungen, vorzüglich aber in Veränderungen der Molecularconstitution [18]). Sie geben sich nachträglich in allen möglichen Abweichungen der innern Structur und der äussern Form, namentlich auch in einem veränderten Habitus kund.

Sie nehmen im Allgemeinen von Generation zu Generation abwechselnd zu und ab; sie schwanken zwischen gewissen Grenzen hin und her. Ausnahmsweise aber geschieht es, dass die individuelle chemisch-physikalische Veränderung sich durch eine Reihe von Generationen steigert; die derselben entsprechenden, der sinnlichen Wahrnehmung zugänglichen, äussern und innern Umbildungen nehmen allmählich oder sprungweise zu und werden constant. Die individuelle Verschiedenheit hat sich zur Varietät entwickelt.

An dieser Varietätenbildung können wir zwei Momente unterscheiden, den Beginn der Bewegung und die Richtung derselben. Beides hängt von innern Ursachen ab. Es ist unzweifelhaft, dass die Neigung zum Variiren bei verschiedenen Arten verschieden, und dass sie bei der gleichen Art im Verlaufe der Zeit bald geringer bald grösser ist. Man könnte vermuthen, dass die Eigenthümlichkeit der äussern Einflüsse, das Gleichbleiben oder der Wechsel derselben daran schuld wären. Diess wird aber desswegen unwahr-

---

Sie haben sich mit seiner Natur assimilirt und bilden einen integrirenden und untrennbaren Theil derselben.

18) Dass es vorzugsweise die moleculare Constitution, also die eigenthümliche Anordnung der Stoffe in ihren kleinsten Theilchen ist, welche die individuelle Veränderung bedingt. geht daraus hervor, dass die letztere sich zur Varietätenbildung steigern kann, ohne dass die mikroskopische oder chemische Analyse noch die geringste Verschiedenheit nachzuweisen im Stande ist.

scheinlich, weil von allen Individuen, die sammt ihren Vorfahren den gleichen äussern Einflüssen und dem gleichen Wechsel derselben ausgesetzt waren, nur einzelne es sind, in denen die Varietätenbildung beginnt. Dass die Richtung der letztern von den äussern Verhältnissen unabhängig ist, habe ich weitläufig nachgewiesen.

Wenn ich sage, dass der Beginn und der Verlauf der Varietätenbildung von innern Ursachen bedingt werde, so will ich natürlich die Mitwirkung der äussern Verhältnisse nicht absolut ausschliessen. Diese müssen immer in gewissem Grade betheiligt sein; allein ihre Betheiligung ist immer nur eine untergeordnete und durchaus nicht massgebende. Vielleicht dass sie den Anstoss zur Bewegung geben, vielleicht auch, wenn diese angefangen hat, den Impuls zu einer Richtungsveränderung. Ein Beispiel wird diess deutlich machen.

Eine Pflanze befindet sich auf einem Boden mit mittlerem Kalk- und Kieselerdegehalt; sie bleibt daselbst unverändert. Auf einen sehr kalkreichen Boden gebracht, beginnt die individuelle Veränderung und Varietätenbildung in zwei einzelnen Individuen, schlägt aber hier ungleiche Richtungen ein und erzeugt zwei ungleiche Formen, während die übrigen Individuen unverändert bleiben. Die reichliche Kalkzufuhr bewirkt zwar unmittelbar die nämlichen Modificationen in allen Pflanzen. Aber nur in einzelnen vermag sie eine merkliche und nachhaltige Störung des complizirten Lebensprozesses hervorzubringen, welche den Anstoss zu einer Reihe von secundären Veränderungen giebt. Diese Störung tritt in einem Individuum früher in dem andern später ein, hier in dem einen dort in einem andern Theil des Organismus, hier in dieser dort in einer andern Weise; sie führt daher in den verschiedenen Pflanzen ungleiche secundäre Veränderungen herbei und erzeugt ungleiche Racen. Alles diess hängt von der individuellen Beschaffenheit

ab. Es ist daher begreiflich, dass in dem angenommenen Falle neben einander gross- und kleinblüthige, früh- und spätreifende, kahle und behaarte Varietäten entstehen. — Wird die Pflanze, statt auf einen kalkreichen, auf einen sehr kieselreichen Boden gebracht, so können da die nämlichen Erscheinungen eintreten; es können selbst die gleichen Racen entstehen. Denn wie die gleiche äussere Ursache ungleichartige Störungen im Organismus veranlasst, so müssen auch ungleiche Ursachen gleichartige Störungen bewirken können.

Der Organismus ist einer Maschine zu vergleichen, in welcher die Kräfte umgesetzt werden. Die Wirkungsweise hängt von der Art der Umsetzung ab. Das einfachste Beispiel finden wir an dem Hebel oder der Rolle, wo die Richtung einer Kraft beliebig geändert wird. Ein gleiches Gewicht, das an zwei Rollen hängt, bewegt vermittelst dieser eine Masse nach rechts, vermittelst jener nach links, also in entgegengesetzter Richtung. — Ein anderes fast eben so einfaches Beispiel geben uns die Pendeluhren. Die Uhr mit dem gewöhnlichen Pendel geht in der Wärme zu langsam, in der Kälte zu schnell. Die Uhr mit einem Compensationspendel geht immer gleich. Eine Uhr mit übercompensirtem Pendel würde bei hoher Temperatur zu schnell, bei niedriger zu langsam gehen. Die Wärme wirkt immer gleich, sie dehnt die Metallstäbe des Pendels aus; aber es hängt von dessen Einrichtung ab, welcher Ausschlag durch die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Metalle gegeben wird. Es kann also in zwei verschiedenen Uhren die nämliche äussere Einwirkung (die gleiche Temperatur) den entgegengesetzten Effekt hervorbringen, und es können zwei entgegengesetzte Einflüsse (Wärme und Kälte) in zwei Uhren den gleichen Erfolg haben.

Wenn diess bei so einfachen Vorrichtungen möglich ist, so begreifen wir, dass es in einer complizirten Maschine wie die Pflanze um so eher der Fall sein muss. Die äussern

Einwirkungen werden hier so vielfach umgesetzt und vermittelt, dass wir keine Beziehung mehr zwischen dem ersten Anstoss und dem endlichen Resultat auffinden. Wie in der einfachen Maschine die Arbeit, welche dieselbe liefert, als das Produkt der bewegenden Kraft und der innern Einrichtung sich darstellt, so ist es auch in der Pflanze; nur erscheinen hier wegen der äusserst complizirten Einrichtung die innern Ursachen gegenüber den äussern weitaus überwiegend und massgebend.

Ob eine individuelle Veränderung in der Cultur zur Race wird, hängt von der Zuchtwahl ab. Damit sie in der freien Natur zur ausgesprochenen und constanten Varietät sich ausbilde, müssen verschiedene Bedingungen erfüllt sein. Einmal wird der Ausschluss der Kreuzung verlangt. Dass im Allgemeinen die individuellen Verschiedenheiten hin- und herschwanken und gewisse Grenzen nicht überschreiten, beruht vorzüglich in dem Umstande, dass die Weiterbildung durch mehrere Generationen immer wieder durch die Befruchtung anderer Individuen gestört wird.

Zur Entstehung einer Varietät in der Natur wird ferner erfordert, dass dieselbe sich hinreichend existenzfähig erweise, um sich in dem Kampfe gegen die schon vorhandenen Varietätén zu behaupten. Es beginnen gewiss eine Menge von neuen Formen in der Natur, aber sie werden sogleich wieder von den bereits bestehenden stärkeren Formen verdrängt.

Der Grund, warum eine Varietät in der Natur dieselbe bleibt, kann also ein dreifacher sein: 1) weil ihr die Neigung zur Variation mangelt, 2) weil zwischen ihren Individuen wenigstens von Zeit zu Zeit Kreuzung stattfindet, 3) weil sie existenzfähiger ist, als die Varietäten, die hin und wieder aus ihrem Schoosse geboren werden. — Wir begreifen, dass die Varietäten in der Natur sehr lange, selbst während der Dauer einer geologischen Periode sich unverändert erhalten, wenn die äussern Verhältnisse keine wesentlichen Modificationen erleiden; dass aber bei Umbildungen der Erdoberfläche und ihrer klimatischen Verhältnisse auch eine reichliche Varietätenbildung eintritt.

Hat die neue Varietät sich durch ungestörte Inzucht ausgebildet und Constanz gewonnen, so hängt ihre Ausbreit-

ung von dem Grade der Existenzfähigkeit gegenüber den andern Formen ab. Erweist sie sich überall als die stärkere, so verdrängt sie die ursprüngliche Varietät auf dem ganzen Verbreitungsbezirk und verursacht deren gänzliches Aufhören. Wenn sie aber nur unter bestimmten Umständen existenzfähiger ist, so bestehen die alte und die neue Varietät ungestört neben einander fort.

Da die Localitäten äusserst manigfaltig combinirt sind, so müssen sich auch die Verhältnisse des gegenseitigen Ausschliessungsvermögens sehr verschieden gestalten. Von zwei Varietäten vermag die eine die andere auf gewissen Standorten ganz, auf andern nur theilweise zu verdrängen; möglicher Weise giebt es einen Standort, wo sie beide von gleicher Stärke sind. Daher finden wir hier die Varietät A allein, dort B allein, an einem dritten Orte A in überwiegender, an einem vierten in geringerer Anzahl, und an einem fünften Beide in gleicher Menge. Wir beobachten ferner, dass in einer Gegend eine bestimmte Localität nur die Form A beherbergt, indem B ausgeschlossen wird; dass dagegen in einer andern Gegend die nämliche Localität nur die Form B trägt, weil hier die stärkere Form A ganz mangelt. Die verschiedenen Erscheinungen des Vorkommens, von denen ich im ersten Theil dieser Mittheilung gesprochen habe und die sich durch einen causalen Zusammenhang der äussern Einflüsse mit der Varietätenbildung nicht erklären liessen, finden somit ihre einfache Lösung in den manig- [redacted]

19. Ueber die Bedingungen des Vorkommens von Arten und Varietäten innerhalb ihres Verbreitungsbezirkes.

(Vorgetragen den 15. Dezember 1865.)

In meiner Mittheilung vom 18. November habe ich über den Einfluss der äussern Verhältnisse auf die Varietätenbildung gesprochen und dargethan, dass nur die nichtconstanten, uneigentlichen Varietäten als die unmittelbaren Folgen der klimatischen und Bodeneinflüsse zu betrachten sind, dass dagegen die constanten, wirklichen Varietäten (und somit auch die Arten, insofern dieselben weiter ausgebildete Varietäten sind) inneren Ursachen ihren Ursprung verdanken. Es wurden dabei vielfach die Vorkommensverhältnisse auf den verschiedenen Localitäten angeführt, und daraus nachgewiesen, dass die Varietäten nicht die Produkte der Lokalitäten sein können. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass zwischen beiden keine Beziehung bestehe, und dass die äussern Verhältnisse nicht sehr wesentlich das Vorkommen der Varietäten und Arten bedingen. Ich erlaube mir über diesen Punkt heute einige Bemerkungen.

Ich will nicht von der Vertheilung der Gewächse auf der ganzen Erdoberfläche sprechen; es besteht kein Zweifel darüber, dass sie hauptsächlich durch die klimatischen Verschiedenheiten bedingt wird. Es handelt sich nur um die Vertheilung derselben in der gleichen Gegend, wo also annähernd identische klimatische Verhältnisse vorausgesetzt werden können. Betrachtet man zwar die zahlreichen und eingehenden Arbeiten, welche sich mit diesem Gegenstande, der sogenannten Bodenfrage beschäftigten, so sollte man glauben, ein weiteres Wort darüber verlieren hiesse Eulen nach Athen tragen. Berücksichtigt man aber, dass alle Bespre-

chungen, statt zu einer Uebereinstimmung, zu immer grössern Widersprüchen geführt haben, so dürfte es sich rechtfertigen, wenn der Versuch gemacht wird, den Weg aus diesen Wiedersprüchen heraus zu finden.

Die Frage, um die sich der bisherige Streit drehte, war die: Ist es die chemische oder physikalische Beschaffenheit des Bodens, welche das Vorkommen der Gewächse bedingt? und man hat uns abwechselnd bewiesen, dass es die erste oder die zweite sein müsse, oder vielmehr, dass es nicht die zweite oder die erste sein könne. Die Gegner der chemischen Bodentheorie führen aus, dass die sogenannten kalksteten Gewächse auch auf kalkarmem und kieselreichem, und dass die sogenannten kieselsteten Gewächse auch auf kalkreichem und kieselarmem Boden gefunden werden. Die Gegner der physikalischen Bodentheorie zeigen dagegen, dass die Trockenheit liebenden Pflanzen auch auf feuchten Localitäten, die Feuchtigkeit liebenden auch auf trockenem Boden wachsen, dass die Pflanzen, welche dem pelischen Boden angehören sollen, auch auf psammischem vorkommen und umgekehrt.

Wenden wir uns zuerst zu der chemischen Frage. Die Pflanze muss die für ihren Lebensprocess nöthigen mineralischen Bestandtheile im Boden finden und zwar in einem Zustande, dass dieselben von ihr aufgenommen werden können. Anstehender Fels und Geröllstücke sind also für die Gewächse bedeutungslos: sie werden es nur, insofern sie verwittern und vorzugsweise, insofern ihre Bestandtheile von der Erdkrumme absorbirt werden. Diese Absorptionsfähigkeit, die von jeder Verbindung eine bestimmte Menge zu binden vermag, ist die für das Gedeihen der Vegetabilien wichtigste Erscheinung. Die in übergrosser Menge in den Gesteinarten enthaltenen chemischen Verbindungen werden, sobald sie die Bodenkrumme gesättigt haben, vom Wasser in den Untergrund oder sonst fortgeführt. Die nur in ge-

ringer Menge vorkommenden Stoffe werden vollständig oder doch zum grössten Theil absorbirt. Die Bodenkrumme kann somit von Stoffen, die nur als Spuren in dem verwitternden Gestein vorkommen, durch Aufspeicherung eine bemerkbare Menge ansammeln und für die Pflanzenwurzeln verwendbar machen. Auch wo eine solche Aufspeicherung nicht oder nur in geringem Maasse eintritt und der Boden z. B. kalkarm oder kieselarm bleibt, vermag die Pflanze, indem sie unaufhörlich die dargebotenen geringen Quantitäten nutzbar macht, eine beträchtliche Menge von Kalk oder Kieselerde aufzunehmen. Es ist daher begreiflich, dass fast ohne Ausnahme jede Pflanze auf jedem Boden die nöthigen Nährstoffe findet, und dass z. B. eine sogenannte Kalkpflanze auf einem kalkarmen Boden gewachsen, zuweilen ebenso viel Kalk enthält, als stammte sie von dem kalkreichsten Standorte [1]).

In Uebereinstimmung hiemit wurde gefunden, dass die meisten bodensteten Pflanzen es in der That nicht sind, wenn man nicht bloss einen Theil, sondern das ganze Verbreitungsareal berücksichtigt; und A. de Candolle (Géogr. bot. 442) neigt entschieden zu der Ansicht, dass es in chemischer Beziehung überhaupt keine Bodenstetigkeit gebe. Andere haben diess noch entschiedener ausgesprochen.

Ein Anhänger der chemischen Theorie würde dagegen

---

1) Hoffmann Beilage zur bot. Zeit. 1865. — In der Regel verhält es sich allerdings anders, und die Pflanze nimmt aus dem reichern Boden auch mehr von einem Stoff auf. Doch berühren diese Verhältnisse nicht unmittelbar die Frage des Vorkommens, welche einfach so lautet: Kann eine Kalkpflanze auf einem kalkarmen Boden, kann eine Schieferpflanze auf einem kalkreichen Boden gedeihen? u. s. w. Es lässt sich noch gar nicht absehen, wie mit dieser Frage die andere: Welchen Einfluss übt der Boden auf den Aschengehalt der Pflanzen? zusammenhängt.

nur mit Unrecht geltend machen wollen, es werden hiebei geologische und chemische Unterlage verwechselt. Diess ist in der That nicht der Fall, wie aus der grossen Verbreitung hervorgeht, welche Kalkpflanzen zuweilen auf Schieferbergen und Schieferpflanzen zuweilen auf Kalkbergen finden. Ueberdem ist für einzelne Fälle die Bodenanalyse gemacht worden (Hoffmann Beilage zur bot. Zeit. 1865), und endlich giebt es noch ein ganz unwiderlegliches Beweismittel. Es ist das Vorkommen von sogenannten schiefersteten oder schieferholden und kalksteten oder kalkholden Pflanzen unmittelbar neben einander, sodass ihre Wurzeln die Nahrung aus derselben Bodenkrumme ziehen.

Aus den oben erwähnten Thatsachen folgt ohne Zweifel, dass die chemische Zusammensetzung des Bodens als solche (für sich allein) nicht das Vorkommen der Gewächse zu erklären vermag; und es ist unbegreiflich, wie gegenüber den so entschiedenen faktischen Verhältnissen jene Behauptung immer noch von Einzelnen festgehalten wird. — Man hat aber mit grossem Unrecht viel mehr daraus gefolgert. Man hat den Schluss gezogen, die chemische Beschaffenheit des Bodens sei für das Vorkommen der Gewächse gleichgültig oder habe wenigstens nur eine äusserst geringe Bedeutung. Ich glaube, dass diejenigen, welche so urtheilten, weder mit Aufmerksamkeit unsere Alpen durchwandert, noch andere der offenkundigsten und allgemeinsten Thatsachen berücksichtigt haben. H. v. Mohl hat bei seinen Untersuchungen über den Einfluss des Bodens (Verm. Schriften 393) mit Recht sich auf die Alpenpflanzen beschränkt. Die Verschiedenheit zwischen der Ebene und den Hochgebirgen ist in der That ganz auffallend, indem hier eine viel grössere Abhängigkeit der Vegetation von der geognostischen Unterlage beobachtet wird, als dort. Die Ursachen dürften hauptsächlich die folgenden sein. In den Alpen ist das Gestein häufig mit

einer äusserst dünnen Humusschicht bedeckt, welche durch Absorption leicht alle Bestandtheile aus demselben aufnimmt und zugleich den Wurzeln gestattet, bis zum Fels vorzudringen. In der Ebene und selbst schon in den untern und mittleren Alpen ist der Fels oder das Geschiebe oft mit einer dicken Humuslage überzogen, welche in ihren obern Schichten nicht alle Stoffe aus dem Gestein anzuziehen vermag und daher z. B. auf einer kalkreichen Unterlage häufig kalkarm ist. In der Ebene ist ferner der Detritus manchmal von sehr verschiedenem Ursprung, daher von unbestimmtem Charakter und auf geringe Entfernungen wechselnd. In den Niederungen endlich, was besonders wichtig ist und bis jetzt fast ganz unberücksichtigt blieb, kommt es häufig vor, dass der Boden zeitweise oder fortwährend von Wasser befeuchtet wird, das einen anderweitigen Ursprung hat, und seine Bestandtheile in der Krumme durch Absorption zurücklässt.

Die Alpen zeigen nun ganz entschieden, dass die chemische Unterlage für die Verbreitung der Gewächse ein wichtiger Factor ist. Ich spreche nicht von der verschiedenen Vegetation der Kalk- und Schieferberge im Allgemeinen. Ein sicheres Resultat können wir bloss da erlangen, wo die Localitäten in allen übrigen Beziehungen einander vollkommen gleich sind, aber in den chemischen Eigenschaften differiren. Diess sind z. B. Kalk- und Schieferhänge von gleicher Neigung und Exposition, die mit einer dünnen Humusschicht von annähernd gleicher physikalischer Beschaffenheit bedeckt sind; das sind ferner nackte Kalk- und Granitfelsen, die neben einander sich befinden; das sind geologisch-verschiedene Sand- oder Schutthalden, die in einem ähnlichen Zustande der Verkleinerung sind und bei gleicher Lage. in geringer Entfernung sich befinden oder auch unmittelbar an einander stossen. Man wird kaum solche Localitäten besuchen, ohne Pflanzen zu treffen, deren Verbreitung mit einer bestimmten geognostischen Unterlage

endigt. Wenn wir aber Gewächse beobachten, die in einer Gegend nur den Kalk bewohnen, deren Vorkommen mit dem Aufhören desselben wie abgeschnitten ist, um vielleicht 10 oder 15 Minuten weiter auf einer Kalkinsel wieder zu beginnen, wenn wir sehen, dass dieselben auf den unmittelbar angrenzenden Urgebirgslocalitäten von gleicher physikalischer Beschaffenheit mangeln, während sie auf andern Kalklocalitäten mit sehr ungleichen physikalischen Eigenschaften gut gedeihen, was können wir logischer Weise für einen andern Schluss daraus ziehen, als dass unter Umständen eine grössere Menge von kohlensaurem Kalk für dieselben nicht gleichgültig ist. Der Einwurf, dass die nämlichen Pflanzen anderwärts auf kalkarmem Boden wachsen, hat mit Rücksicht auf die vorliegende Frage gar keine Beweiskraft; er zeigt uns bloss, dass der Schluss nur für bestimmte Verhältnisse gilt.

Ich habe bis jetzt nur von einem einzigen chemischen Gegensatz der Localitäten gesprochen, da die grösste und augenfälligste Differenz im Boden durch den Reichthum oder die Armuth von Kalk hervorgebracht wird. So sehen wir, dass in gewissen Gegenden und unter gewissen Umständen Rhododendron hirsutum, Achillea atrata, Gnaphalium Leontopodium, Saussurea discolor, Hieracium villosum, H. glaucum, H. glabratum, Erigeron alpinus, Androsace lactea und viele andere bloss auf kalkreichem, dagegen Rhododendron ferrugineum, Achillea moschata, Saussurea alpina, Hieracium glanduliferum, H. alpinum, H. albidum, Erigeron uniflorus, Eritrichium nanum, Androsace carnea nebst vielen andern bloss auf kalkarmem Boden wachsen. Es ist möglich und auch sehr wahrscheinlich, dass nicht bloss der Gegensatz von kalkreichem und kalkarmem Boden, sondern auch andere chemische Gegensätze unter bestimmten Verhältnissen einen ähnlichen Ausschluss von gewissen Pflanzen bedingen.

[redacted]

Eine andere Thatsache von gleicher wo nicht noch stärkerer Beweiskraft bieten uns die Torfmoore. Bekanntlich unterscheidet man im Allgemeinen Hochmoore und Wiesenmoore. Nach Sendtner's Angabe ist das Wasser der ersteren kalkarm, das der letztern kalkreich. Die Analysen beider, die er anführt, unterscheiden sich zwar nicht; aber er giebt an, dass das Wasser des Hochmoors an einem ungehörigen Ort aufgefangen wurde. Wie dem auch sein mag, so ist, worauf es gerade ankommt, der Aschengehalt der beiden Torfarten verschieden, indem die Hochmoore verhältnissmässig wenig, die Wiesenmoore viel Kalk führen. Damit stimmt überein, dass jene eine Thon-, diese eine Kalkunterlage haben. An einen physikalischen Unterschied ist dagegen nicht zu denken, namentlich für solche Gewächse, deren Wurzeln in beständig nassem Boden sich befinden. Die Hochmoore tragen aber eine andere Vegetation als die Wiesenmoore.

Eine dritte Thatsache von unwiderstehlicher Beweiskraft geben uns diejenigen Wassergewächse, welche nicht im Boden wurzeln, also vorzugsweise die Zellencryptogamen. Bekannt ist der Unterschied in der Vegetation der Nordsee, der Ostsee, der Brackwasser und der süssen Wasser, und ebenso unzweifelhaft ist, dass unter den süssen Wassern die harten und weichen rücksichtlich der Moos- und Algenvegetation einige bemerkenswerthe Verschiedenheiten zeigen.

Aus diesen Thatsachen ziehe ich den Schluss, dass die chemische Beschaffenheit der Unterlage, wenn sie auch das Vorkommen der Gewächse für sich allein meist nicht zu erklären vermag, doch dabei als ein mitwirkender Factor von grösserer oder geringerer Wichtigkeit immer zu berücksichtigen ist. In manchen Fällen, wo alle übrigen Verhältnisse ganz gleich sind, vermag sie selbst über das Vor-

kommen oder Nichtvorkommen von gewissen Pflanzen in gewissen Gegenden allein zu entscheiden.

Ich bin auf die chemische Bodenfrage etwas näher eingetreten, weil die Pflanzengeographen jetzt die Bedeutung der chemischen Differenz nach dem Vorgange von A. de Candolle bestreiten. Ueber die physikalische Frage kann ich kurz hinweggehen. Niemand hat die Bedeutung der physikalischen Bodenbeschaffenheit geläugnet, obgleich man dieselbe sehr ungleich taxirte. Von der einen Seite (z. B. von Sendtner) wurde ihr offenbar eine zu geringe Bedeutung beigelegt. Von der andern Seite (Thurmann, A. de Candolle, Hoffmann) wurde sie sichtlich überschätzt. Wenn es unmöglich ist, das Vorkommen der Gewächse aus chemischen Ursachen allein zu erklären, so ist es gewiss noch weniger möglich, es aus der physikalischen Beschaffenheit allein zu begreifen. Wenn auf einem Gebirgsstock Achillea atrata bloss den Kalk, Achillea moschata bloss den Glimmerschiefer und Gneis bewohnt, so können wir diess aus der chemischen Verschiedenheit erklären. Wir können es aber nicht durch die physikalische Beschaffenheit; denn wir finden, dass daselbst einerseits A. atrata, anderseits A. moschata sehr verschiedenartige Standorte bewohnen. Jede kommt auf feuchtern und auf sehr trockenen Stellen, jede auf dem Humus der Waiden, im Sand der Bäche und an Felsen vor. So liesse sich eine grosse Zahl von Arten anführen, die in beschränkteren oder weiteren Gebieten sich streng an die chemische Beschaffenheit des Bodens halten und gegen die physikalische sich sehr indifferent zeigen.

Damit will ich natürlich nicht die Bedeutung der physikalischen Verhältnisse bestreiten. Es ist sicher, dass es für jede Pflanze z. B. gewisse Grade der Feuchtigkeit und der Trockenheit des Bodens giebt, welche die absoluten Grenzen für ihr Fortkommen darstellen. Aber damit ist

[redacted]

nicht gesagt, dass die Pflanze überall da gedeihen könne, wo die Bodenfeuchtigkeit sich innerhalb dieser Grenzen bewegt. Denn dieselben gelten nur für die günstigsten Verhältnisse; je ungünstiger diese sind, desto enger rücken jene Grenzen zusammen. Die aufmerksame Beachtung des Vorkommens der ersten besten Pflanze wird von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen.

Nach meiner Ansicht besteht eine vollkommene Analogie zwischen chemischer und physikalischer Beschaffenheit des Bodens. Wie es für jede Pflanzenart eine zweckmässigste Mischung der Mineralstoffe giebt, so giebt es auch für jede, um mich bloss an einen Punkt zu halten, eine beste Art der Wasservertheilung im Boden. Es hängt nun mit Rücksicht auf den ersten Punkt von allen übrigen Bedingungen ab, wie weit sich der Boden von der zweckmässigsten Mischung entfernen kann, bis das Gedeihen einer Pflanze unmöglich wird; desswegen sehen wir die nämliche Art auf dem einen Gebirgsstock kalkstet, auf dem andern bodenvag. Eben so hängt es mit Rücksicht auf den zweiten Punkt von allen übrigen Bedingungen ab, wie weit die Erdkrumme von der besten Art der Wasservertheilung abweichen kann, bis eine Pflanze daselbst nicht mehr zu wachsen vermag. Daher finden wir, dass die nämliche Art in physikalischer Beziehung hier bodenstet, dort bodenvag ist.

Es dürfte vielleicht auffallend erscheinen, warum die physikalische Theorie gegenüber der chemischen nach und nach immer mehr Boden gewonnen hat. Der Grund scheint mir sehr einfach. Die chemische Frage hielt sich gleich anfangs an den Unterschied von kalkarmen und kalkreichen Gesteinen. Der Uebergang von den einen in die andern ist meist so plötzlich und die geologische Formation oft auf grosse Strecken so constant, dass die Kritik ein leichtes Feld hatte. Bei der physikalischen Beschaffenheit handelt es sich immer um ein Mehr oder Weniger und es findet

ein Wechsel auf kurze Strecken statt; ferner bewegen sich die Behauptungen in einer gewissen Unbestimmtheit, so dass die Kritik nirgends eine feste Handhabe zur Widerlegung findet. Es ist nichts schwieriger, als eine vage Vorstellung zu berichtigen. Mit dem Tage, wo die physikalische Theorie ihren Sätzen eine ebenso bestimmte und fassbare Form giebt, wie es die chemische Theorie that, hat sie gleich dieser ihre Herrschaft in der Allgemeinheit und Ausschliesslichkeit, wie sie dieselbe jetzt noch behauptet, vernichtet.

Wir müssen daher sagen, dass wir das Vorkommen der Gewächse eben so wenig allein aus den physikalischen Differenzen der Standorte begreifen können als aus den chemischen. Es fragt sich, ob beide vereint die Aufgaben zu lösen vermögen. Ich muss auch diess bestreiten. Denn wir beobachten, um mich an das nämliche Beispiel zu halten, auf einem Gebirgsstock, der aus Kalk und Urgebirge besteht, Achillea moschata auf mehreren physikalisch verschiedenen Standorten des Urgebirgs, nicht aber des Kalkes, A. atrata dagegen auf eben so vielen ähnlichen Standorten des Kalks, nicht aber des Urgebirgs; es bewohnt ferner auf einem zweiten Gebirgsstocke A. moschata die gleichen Localitäten auf Kalk, und auf einem dritten Gebirgsstocke A. atrata die gleichen Localitäten auf Schiefer. Nehmen wir statt dieser bestimmten Beobachtung einen allgemeinen Fall, der sich auf viele Beispiele anwenden lässt. Am ersten Orte (I) wächst die Pflanze A unter anderm auch auf Urgebirge (I U); am zweiten Orte kommt B unter anderm auch auf Kalk vor (II K); am dritten Orte bewohnt A ausschliesslich den Kalk (III K) und zwar physikalisch gleiche Localitäten wie II K, B dagegen ausschliesslich das Urgebirge (III U) und zwar physikalisch gleiche Standorte wie I U. Die identischen Standorte I U und III U werden hier von der Pflanze A, dort von B, die identischen Standorte II K und III K hier von A, dort von B bevölkert. Zur Erklärung dieser Wider-

sprüche reichen offenbar die combinirten chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens nicht aus. Wir müssen also kurzweg sagen, dass die Bodenfrage allein noch nichts entscheidet.

Es sind noch zwei Momente, welche bis jetzt in der Diskussion nicht die hinreichende Berücksichtigung erfahren haben, die auf die Vertheilung der Gewächse einen grossen Einfluss ausüben. Das eine liegt in den mitbewerbenden Pflanzen, welche die gleiche Gegend bewohnen und einander den Raum streitig machen. Das andere besteht in dem Wanderungsstadium, in dem sich eine Art oder Race befindet. Das erste erklärt uns, warum eine Pflanze von einem gewissen Standorte mit bestimmten physikalischen und chemischen Eigenschaften, welche ihr einige Stunden weiter das Wachsthum gestatten, ausgeschlossen bleibt, obgleich ihre Samen fortwährend dahin getragen werden. Das zweite zeigt uns, warum eine Pflanze auf einem Standorte, der mit einer bestimmten physikalischen und chemischen Eigenschaft begabt und mit einer bestimmten Vegetation bedeckt ist, nicht getroffen wird, obgleich diese Verhältnisse die günstigsten sind, die man sich denken kann.

Was den ersten Punkt betrifft, so wurde zwar schon lange von den Pflanzengeographen gezeigt, dass das Vorkommen oder Nichtvorkommen der Gewächse an bestimmten Orten wesentlich mitbedingt wird durch den Kampf, den alle Pflanzen gegen einander führen, und dass es schliesslich nur darauf ankommt, ob eine die andern zu verdrängen, oder den Angriffen derjenigen, die sie verdrängen wollen, zu widerstehen vermag. Ebenso hat Darwin von dem Kampfe um das Dasein das Bestehen oder den Untergang der beginnenden Racen abgeleitet. Aber zur Erklärung der eigenthümlichen Vertheilung der Pflanzenarten wurde das Princip bisher nicht angewendet.

Der Vernichtungskrieg ist selbstverständlich am heftigsten

zwischen den Arten und Racen nächster Verwandtschaft, weil dieselben auf die gleichen Existenzbedingungen angewiesen sind. Achillea moschata verdrängt A. atrata oder wird von ihr verdrängt; man findet sie selten neben einander. Dagegen wächst die eine und die andere mit A. Millefolium zusammen. Offenbar machen A. moschata und atrata, wie sie einander auch äusserlich höchst ähnlich sind, analoge Ansprüche an die Aussenwelt. A. Millefolium dagegen, welche beiden ferner steht, concurrirt nicht eigentlich mit ihnen, weil sie auf andere Existenzbedingungen angewiesen ist. Noch weniger concurriren die Pflanzen anderer Gattungen und Ordnungen.

Wir machen daher die Beobachtung, dass die nächstverwandten Arten oder die Racen einer Art sich am leichtesten ausschliessen, und diess ist oft der Grund, warum eine Pflanze ausser den ihr am meisten zusagenden Localitäten hier auch gewisse andere Standorte bewohnt, weil sie allein ist, dort die gleichen Standorte nicht zu bewohnen vermag, weil dieselben mit der concurrirenden verwandten Form bevölkert sind. Diess ist häufig auf Localitäten von ungleicher chemischer Beschaffenheit der Fall.

Ich habe schon wiederholt von den Achillea-Arten gesprochen, und will mich, der Einfachheit halber, wieder an dieses Beispiel halten. Im Bernina-Heuthal (im Oberengadin) kommen A. moschata, A. atrata und A. Millefolium in Menge vor; A. moschata und A. Millefolium auf Schiefer, A. atrata und A. Millefolium auf Kalk. Wo der Schiefer mit Kalk wechselt, da hört auch immer A. moschata auf und A. atrata beginnt. Es sind also hier die beiden Arten streng bodenstet; und so habe ich es an verschiedenen Orten in Bündten beobachtet, wo sie beide vorkommen. Mangelt aber eine Art, so ist die andere bodenvag. A. atrata bewohnt dann ohne Unterschied Kalk und Schiefer; und ebenso findet man A. moschata, ob-

[redacted]

gleich dieselbe, wie es scheint, nicht so leicht auf den Kalk, wie jene auf den Schiefer geht, doch neben dem Urgebirge auch auf ausgesprochener Kalkformation mit der dieser eigenthümlichen Vegetation. Im Bernina-Heuthal traf ich mitten auf dem Schiefer, der mit A. moschata bevölkert war, einen grossen herabgestürzten Kalkblock, kaum mit zolldicker Bodenkrumme bedeckt. Auf demselben hatte sich eine Kolonie von A. moschata angesiedelt, weil hier die Concurrenz der A. atrata ausgeschlossen war.

Ein ähnliches Ausschliessungsverhältniss wird in gewissen Gegenden zwischen Rhododendron hirsutum und Rh. ferugineum, Saussurea alpina und S. discolor, ferner zwischen Arten der Gattungen Gentiana, Veronica, Erigeron, Hieracium u. a. beobachtet. Diese Thatsache, die oft sehr charakteristisch in die Erscheinung tritt, hat zum Theil Veranlassung zur Annahme der sogenannten Parallelformen gegeben. Aber die Theorie, die man mit denselben verbunden hat, war entschieden unrichtig. Ich werde am Schlusse noch einmal hierauf zurückkommen.

Doch bin ich durchaus nicht der Ansicht, dass nur Pflanzen von nächster Verwandtschaft einander verdrängen. Ich habe dieses Factum nur vorangestellt, weil es sich theoretisch am natürlichsten erklärt, und weil es der Beobachtung am meisten auffällt. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass auch Pflanzen, die systematisch weit von einander entfernt sind, sich rücksichtlich der äussern Verhältnisse, von denen ihre Existenz abhängt, analog verhalten und daher einen hartnäckigen Kampf auf Leben und Tod bestehen. Es kann eine einzige Pflanze, es kann auch ein Verein von mehreren Gewächsen sein, welche eine bestimmte Art auszuschliessen vermögen.

Noch muss ich eine Bemerkung über das Verdrängtwerden von Pflanzenformen beifügen. Offenbar finden sich manche Botaniker mit dem neuen Begriff des Kampfes um

das Dasein nicht zurecht, wie das Bestreiten desselben und bestimmte Einwürfe dagegen beweisen. Ich will den Einwurf, der am plausibelsten erscheint, näher beleuchten. Wenn zwei Formen A und B sich ausschliessen, so dass die eine auf dem einen, die andere auf dem andern Standorte allein vorkommt, wie ich es für die beiden Achillea-Arten gezeigt habe, so wird etwa eingewendet, wie denn von einem Kampfe um das Dasein die Rede sein könne, so lange noch auf dem einen und andern Standorte viel überflüssiger Raum für die mangelnde Art vorhanden sei. Offenbar stellt man sich den Kampf um das Dasein, in welchem sich die Pflanzen verdrängen sollen, wie ein Geraufe dar, wo der Verdrängte immer noch neben dem Platz, von dem er weggeschoben wurde, sich behauptet. So naiv ist es nicht gemeint.

Um ein Beispiel zu erörtern, will ich mich wieder an die beiden Achilleen halten. Auf einem Schieferabhang steht eine Million von Stöcken der Achillea moschata. Sie nimmt selbstverständlich nicht allen Raum ein; denn es hätten hundert Millionen und mehr daselbst Platz. Der übrige Raum wird von andern Gewächsen occupirt. Es ist dies ein Gleichgewichtszustand, der sich mit Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit und die vorausgehenden klimatischen Einflüsse gebildet hat. Die Zahl von einer Million giebt uns also das Verhältniss, in welchem sich Achillea moschata gegenüber der andern Vegetation zu behaupten vermag; und es ist ein ganz ungereimter Einwurf, wenn man sagt, es wäre ja noch viel Raum für A. atrata da. Wenn derselbe den Achilleen überhaupt zugänglich wäre, so würde er von der vorhandenen und jedenfalls bevorzugten A. moschata eingenommen.

Denken wir uns nun den Fall, es befänden sich einmal auf dem genannten Schieferhang, vielleicht in Folge künstlicher Anpflanzung, Achillea moschata und A. atrata

gemengt, jede in der halben Individuenzahl, nämlich von 500,000. Von den beiden Arten gedeiht A. moschata hier als auf der kalkarmen Unterlage besser als A. atrata; letztere ist schwächlicher, ihre Gewebe sind weniger ausgereift; sie vermag in Folge dessen den äussern schädlichen Einflüssen weniger zu widerstehen, wie den Sommerfrösten oder langandauerndem Regenwetter oder anhaltender Trockenheit u. s. w. Nehmen wir beispielsweise an, es trete alle 20 bis 50 Jahre ein heftiger Frost zur Blüthezeit ein, welcher die Hälfte der Pflanzen von A. atrata tödtet, während demselben die stärkere A. moschata widersteht. Die Lücken werden durch Besamung wieder ausgefüllt; es gehen aber mehr A. moschata auf als A. atrata, schon desswegen, weil jene nach dem Frost in der Zahl von 500,000, diese bloss von 250,000 Individuen vorhanden ist. Es sind also in der Folge unter der Million Achilleen, die an dem ganzen Hange vorkommen, A. moschata vielleicht mit 670,000, A. atrata mit 330,000 Individuen vertreten. Nach einem zweiten Froste, welcher wieder die Hälfte von A. atrata vernichtet, kommen schon nahezu 800,000 Exemplare von A. moschata auf 200,000 von A. atrata. So nimmt mit jedem aussergewöhnlichen Sommerfroste die Zahl der letztern ab, bis sie endlich ganz von dem Standorte verschwunden ist, auf welchem eine verwandte stärkere Art auf ihre Unkosten sich ausgebreitet hat.

Statt des Frostes kann irgend eine andere schädliche Ursache wirken; sie wird immer die schwächere Art schwerer treffen, als die stärkere und jene zuletzt zum Aussterben bringen. Wenn auch die beiden Pflanzen bloss durch ungleiche Fruchtbarkeit verschieden sind, so muss der Erfolg der nämliche bleiben. Auf einer Localität, die eine Million von Pflanzenstöcken trägt, geht jährlich eine grössere oder kleinere Zahl der ältesten und gebrechlichsten zu Grunde. Wenn nun von den zwei genannten Pflanzen auf der be-

stimmten Localität A. atrata bloss weniger fruchtbar ist als A. moschata, so wird der jährliche Verlust, den beide erleiden, nicht gleichmässig, sondern jedesmal durch eine grössere Zahl von A. moschata ersetzt. Es muss also die Gesammtmenge der Stöcke von A. atrata von Jahr zu Jahr, wenn auch nur um wenig, abnehmen und zuletzt (vielleicht erst nach vielen Jahrhunderten) Null werden.

Was mit Achillea atrata auf kalkarmem Boden, muss mit A. moschata auf kalkreichem Boden geschehen, wo diese Art als die schwächere sich erweist. In Concurrenz mit A. atrata unterliegt sie und verschwindet.

Daher beobachten wir, wo Kalk und Schiefer an einander stossen, eine scharfe Grenze zwischen der Verbreitung der beiden Pflanzen. Man wird vielleicht noch einwenden, dass fortwährend Samen von der einen Art auf den Standort der andern fallen und daselbst aufgehen müssen; und dass desswegen eine neue Vermengung, die sich jährlich wiederhole, unausweichlich sei. Diess ist aber unmöglich, da die beiden Standorte mit den entsprechenden Achillea-Arten und mit vielen andern Pflanzen vollständig besetzt sind. Wenn z. B. auf dem Schiefer eine Million von Stöcken der A. moschata stehen, so werden davon jährlich im Durchschnitt wohl nicht unter 10 Millionen Samen ausgestreut, von denen vielleicht nicht der 1000ste Theil keimt. Wenn nun von Achillea moschata auf ihrem eigenen Standorte 9⁹⁹/₁₀₀ Millionen Samen jährlich zu Grunde gehen, so werden wir uns nicht verwundern, dass die 100,000 Samen der fremden A. atrata ebenfalls zu Grunde gehen. Ausnahmsweise kann einmal ein fremder Same keimen, und ausnahmsweise finden wir auch einen oder wenige Stöcke von A. moschata auf dem Standorte von A. atrata und umgekehrt. Aber diese Ausnahmen sind äusserst selten.

So kommt es, dass in Gegenden wo Achillea atrata

und A. moschata wachsen, die eine das kalkarme Urgebirge, die andere den Kalk bewohnt. Wenn aber das Gestein in chemischer Beziehung eine Mittelstufe zwischen beiden darstellt, wenn es z. B. ein kalkreicher Schiefer ist, wie er in Bündten vorkommt, so können beide Arten sich neben einander behaupten, weil sie hier von gleicher Stärke sind. Anderseits finden wir, wie schon erwähnt, A. moschata, wenn sie allein in einer Gegend vorkommt, auch auf dem Kalk, und A. atrata besiedelt, wenn die Mitbewerberin mangelt, das kalkarme Urgebirge. Die beiden Arten können in diesem Falle, obgleich die äussern Verhältnisse ihnen weniger zuträglich sind, nicht verschwinden, weil sie ohne Concurrenz sind. Es sei z. B. A. atrata allein über einen (ihr weniger zusagenden) Schieferhang verbreitet, und es trete, wie ich früher angenommen habe, alle 20—50 Jahre ein ausserordentlicher Frost ein, welcher die Hälfte der Individuen tödtet. Der Verlust muss durch Besamung von der andern Hälfte nach und nach wieder ersetzt werden. Es kann daher die Individuenzahl nicht für die Dauer abnehmen. A. atrata allein auf einem kalkarmen Standorte verhält sich wie jede andere Pflanze; sie erlangt eine gewisse Individuenzahl, welche ab- und zunimmt, aber trotz der Schwankungen immer wieder sich einer mittleren Zahl nähert.

Man könnte aus der eben gemachten Deduction vielleicht den Schluss ziehen wollen, dass ein solches Resultat immer eintreten und von zwei Pflanzen die eine verdrängt werden müsse, weil beide kaum je von ganz gleicher Stärke seien. Diess wäre jedoch unrichtig; denn es gilt nur für Pflanzen von möglichst gleichen Existenzbedingungen. Wir können uns einen anderen Fall denken, wo die beiden Arten durch ganz ungleiche äussere Einflüsse (z. B. die eine durch Frühlingsfröste, die andere durch trockene Hitze) leiden, so dass bald die Individuenzahl der einen, bald die der andern

sich vermindert, wo ferner die Samenbildung und das Keimen der Samen durch ungleiche äussere Einwirkungen gefördert wird, so dass bald die eine, bald die andere sich besonders vermehrt und die leergewordenen Stellen ausfüllt. Hier muss das numérische Verhältniss der beiden Arten ein schwankendes sein; aber keine vermag die andere zu verdrängen. Je nach Umständen sind sie einander im Mittel an Individuenzahl gleich, oder wenn die Gesammtwirkung der äussern Umstände günstiger für die eine ausfällt, so erlangt sie ein entsprechendes Uebergewicht.

Ich habe das Ausschliessungsvermögen zweier oder mehrerer Pflanzen bis jetzt bloss für eine bestimmte chemische Constitution des Bodens nachgewiesen. Das Nämliche gilt von der physikalischen Beschaffenheit. Es ist möglich, dass eine Pflanze unter gewissen Umständen sich auf einem Boden von bestimmtem Feuchtigkeitsgehalt behauptet, unter andern Umständen nicht. Diess ist mit Primula officinalis und P. elatior der Fall. Wenn beide zusammen vorkommen, so schliessen sie sich zuweilen sehr genau von einander ab, indem P. officinalis die trockenern, P. elatior die feuchtern Stellen bewohnt. Jede ist auf ihrem Standorte die stärkere und vermag die andere zu verdrängen. Ist aber nur eine Art vorhanden, so zeigt sie sich nicht so wählerisch. P. officinalis vermag für sich feuchtere, P. elatior für sich allein trockenere Localitäten zu bewohnen, als wenn sie in Gesellschaft sind.

In ganz gleicher Weise schliessen sich verschiedene andere Pflanzen aus, z. B. Prunnella vulgaris und P. grandiflora. Ist nur eine dieser beiden Arten anwesend, so bewohnt sie feuchtere und trockenere, mehr oder weniger fruchtbare Stellen. Kommen beide zusammen vor, so nimmt P. grandiflora die trockenern, P. vulgaris die feuchtern, oder jene nimmt auch die fettern, diese die magern Stellen in Anspruch. Wenn eine Waide stellenweise von Wasser

schwach berieselt ist, so trifft man sicher auf den berieselten Stellen P. vulgaris, auf den unbewässerten P. grandiflora. Ich habe einige trockene Waiden beobachtet, wo neben P. grandiflora strichweise P. vulgaris vorkam; die genauere Beobachtung ergab, dass diese Striche zeitweise von Wasser überrieselt werden.

Die Rhinanthus-Arten zeigen ein ähnliches Verhalten. Findet sich nur eine derselben in einer Gegend, so geht sie auf verschiedene Standorte. Treten zwei oder drei Arten zusammen auf, so schliessen sie sich meist ziemlich strenge aus. Rhinanthus Alectorolophus bewohnt auf der Münchner Hochebene Brachfelder und fettere Stellen auf Waiden, Rh. minor die angrenzenden magern Waiden. Ist der letztere allein, so kommt er auch auf Brachfeldern und fetten Waiden vor. Auf den Alpenwaiden scheiden sich in gleicher Weise Rh. Alectorolophus und Rh. alpinus aus. Man trifft auch neben einander Rh. minor auf Waiden, Rh. alpinus im Geröll, Rh. Alectorolophus im Gebüsch. Im Walde können alle drei Arten mit einander wechseln; Rh. alpinus bewohnt dann die lichten, steinigen und zugleich trockenen Stellen, Rh. minor die mehr feuchten und schattigen, magern Stellen, und Rh. Alectorolophus steht überall, wo sich eine üppige Vegetation befindet. Im Oberengadin, wo diese Pflanzen in Menge vorkommen, fand ich sie meist strenge geschieden. Ausnahmsweise waren zwei Arten auf der Uebergangslocalität unter einander gemengt.

Hieracium Pilosella und H. Hoppeanum kommen zuweilen durcheinander vor. Häufiger schliessen sie sich mehr oder weniger genau aus. H. Pilosella bedeckt dann die magern Waiden und die sandigen oder felsigen rasenlosen Stellen, während H. Hoppeanum fette Localitäten mit hohem Rasen vorzieht. Ist nur eine Form da, so be-

siedelt sie auch die Standorte, von denen sie anderswo durch die Mitbewerberin verdrängt wird.

Die physikalische Beschaffenheit des Bodens ist also ebenso sehr geeignet, eine gegenseitige Ausschliessung der Varietäten und Arten zu veranlassen wie die chemische. Nur ist es viel schwieriger, hier die mitwirkenden Umstände anzugeben.

Ein anderes Moment, welches auf das Vorkommen der Pflanzen Einfluss hat, ist das Wanderungsstadium, in welchem sie sich befinden. Man nimmt gewöhnlich an, dass die Arten und Racen von einer oder einigen beschränkten Stellen ausgegangen seien und sich nach und nach weiter ausgebreitet haben. Es ist dies ohne Zweifel wahrscheinlich, aber beweisen lässt es sich nicht. Dagegen ist sicher, dass die Erdoberfläche seit der Tertiärzeit verschiedene Umgestaltungen erfahren hat, welche eine Aenderung der klimatischen Verhältnisse und in Folge davon eine Hin- und Herwanderung der Gewächse nach sich zogen. Diese Wanderung dürfte für die Mehrzahl der Arten, namentlich für die mit leicht transportabeln Samen im Grossen und Ganzen längst aufgehört haben; für andere, die sich sehr langsam verbreiten, dauert sie möglicherweise noch fort. Das Vorkommen einer Pflanze an einem bestimmten Orte wird also nicht bloss dadurch bestimmt, ob sie hier die nöthigen äussern Bedingungen finde und sich gegen alle Mitbewerber zu behaupten im Stande sei, sondern vor Allem aus dadurch, ob sie überhaupt dahin gelangt sei. Wenn wir in einer Gegend eine Art, die wir daselbst vermuthen, nicht finden, so ist es einerseits möglich, dass sie durch irgend einen hemmenden Einfluss ausgeschlossen wird, andererseits, dass sie auf ihrer Wanderung die Gegend nicht erreicht hat, was aber durch irgend einen Zufall heute oder morgen geschehen könnte, oder auch, dass sie einmal

da war, aus irgend einer Ursache ausgieng und nicht wieder hingelangte.

Dieser Grund des Nichtvorkommens einer Pflanze, weil sie nämlich auf ihrer Wanderung den bestimmten Ort nicht oder nicht wieder erreicht hat, scheint viel häufiger vorhanden zu sein, als man vielleicht annimmt. Er erklärt uns, warum gewisse Arten in ganzen Gegenden, oder in einzelnen Thälern und auf einzelnen Gebirgsstöcken mangeln, während alle Bedingungen für ihr Gedeihen gegeben scheinen. Das Studium dieser Verhältnisse würde ohne Zweifel zu interessanten Resultaten führen. Dafür müsste man aber den Verbreitungsbezirk der zu erforschenden Art oder Race in seinem äussern Umriss und in seiner innern Configuration viel genauer kennen, als es jetzt der Fall ist. Der genannte Umstand giebt uns für manche auffallende Thatsache eine überzeugende Erklärung. Warum wächst Achillea atrata hier auf Urgebirge, obgleich sie in einer andern Gegend kalkstet ist? Warum wächst die sonst urgebirgstete A. moschata dort auf Schiefer? Beides, weil die verdrängende verwandte Art an dem betreffenden Orte mangelt; und der gewöhnliche Grund dafür ist ohne Zweifel der, dass dieselbe auf ihrer Verbreitungswanderung nicht dorthin gelangte. Wenn wir genaue Karten über die Verbreitung der beiden Arten hätten, so würde uns diess einleuchtend entgegen treten.

An den Isarabhängen bei Grosshesselohe (unweit München) wachsen neben Hieracium murorum und H. vulgatum zwei ausgezeichnete verwandte Formen, H. subcaesium und H. Sendtneri[2]). Die vier Formen schliessen einander hier nicht aus, obgleich jede bestimmten Modificationen der Localität den Vorzug gibt. Wenn man sich nach rechts

---

2) Vgl. die Notiz in der Mittheilung vom 18. November.

oder links von der Isar entfernt und wieder ganz analoge Localitäten antrifft, so findet man immer nur H. murorum, und H. vulgatum. H. Sendtneri und H. subcaesium entfernen sich nicht von den Isarabhängen. Die letztern beiden Formen kommen eigentlich im Gebirge vor und wurden ohne Zweifel von der Isar herunter geführt. Sie konnten sich nicht von dem Flussgebiete entfernen, weil beiderseits Wälder und Felder (früher bloss Wälder) folgen. Da sie beide nicht in Wäldern vorkommen (indem sie hier von H. murorum und H. vulgatum verdrängt werden), so konnten sie nicht bis zu den ihnen zusagenden, aber stundenweit entfernten Localitäten gelangen.

Ein interessantes Beispiel für die verschiedenen Ursachen, welche auf die Verbreitung der Pflanzen Einfluss haben, bieten uns die beiden Alpenrosen, Rhododendron hirsutum und Rh. ferrugineum. Von Unger wird für die Flora von Kitzbühel Rh. hirsutum als kalkstet, Rh. ferrugineum als schieferstet angegeben. Mohl nennt sie kalkhold und urgebirgshold. Letztere Bezeichnung drückt das Vorkommen im Allgemeinen, erstere in einzelnen Gegenden aus[3]) An einigen Orten Graubündtens z. B. in den Alpen von Parpan sah ich beide Arten in Menge, Rh. hirsutum ausschliesslich auf Kalk, Rh. ferrugineum ebenso auf Schiefer. Auf der Grenze zwischen beiden Formationen berührten sich die zwei Arten und dort fand sich auf einer schmalen Strecke, gemengt unter dieselben, die Mittelform Rh. intermedium. Auf der rothen Wand bei Schliersee in Oberbayern wachsen Rhododendron hirsutum und Rh. ferrugineum durcheinander auf Kalk. Eine genauere Beobachtung zeigt aber, dass sie sich auch da nach der

---

3) Unrichtiger Weise heisst es in Moritzi's Flora der Schweiz von Rh hirsutum, das fast ausschliesslich dem Kalk angehört, es komme „bloss auf dem Schiefergebirge“ vor.

Unterlage ausschliessen. Rh. hirsutum kommt auf dem mit dünner Humusschichte bedeckten Kalkgesteine vor, ebenso bewohnt es die herabgestürzten Kalkblöcke. Zwischen diesen Blöcken aber steht Rh. ferrugineum überall, wo sich eine dicke Humusschichte gebildet hat, so dass seine Wurzeln in einem kalkarmen Boden sich befinden. Ebenso kommt Rh. ferrugineum da vor, wo eine Lehmschichte den Kalk überlagert.

Mit Rücksicht auf solche Vorkommensverhältnisse muss man beide Arten als bodenstet bezeichnen; sie scheiden sich nach der kalkhaltigen und kalkarmen Unterlage. Kerner hat sogar, auf ähnliche Beobachtungen sich stützend, die Ueberzeugung ausgesprochen, dass Rh. hirsutum die dem kalkreichen Boden, Rh. ferrugineum die dem kalkarmen Boden entsprechende Form einer und derselben Art (Rh. germanicum) sei; dass Rh. ferrugineum, auf eine kalkarme Unterlage gebracht, zuerst in Rh. intermedium und dann in Rh. ferrugineum übergehe. Diess ist jedoch nicht der richtige Ausdruck für die Thatsache, welche uns die Verbreitung der beiden Alpenrosen zeigt[4]).

In allen Gegenden, wo von beiden Rhododendron-Arten nur die eine vorkommt, bewohnt sie ebenso wohl die kalkreichen als die kalkarmen Localitäten. Im Rheinwaldthal (Ct. Graubündten) fand ich bloss Rh. ferrugineum; stellenweise wächst es daselbst auf Kalk, so am Splügenpass und am „Kalkberg" über dem Dorfe Splügen[5]). Am Gotthard sah ich gleichfalls bloss Rh. ferrugineum und zwar

4) So weit meine Erfahrungen gehen, kann ich auch für die übrigen sogenannten Parallelformen die allgemeine Gültigkeit der zu Grunde gelegten Thatsachen nicht zugeben. Diese Parallelformen sind nur für gewisse Gegenden bodenstet, für andere aber sind sie es nicht.

5) Nach Gaudin kommt am Splügen auch Rh. hirsutum vor.

ebenfalls an einem Orte auf Kalk[6]). Das Joch über Engelberg und die Engstlenalp (am Titlis), ferner die Blackenalp im Surenenthal, ebenso die Kurfirsten über Wallenstad, welche Gegenden alle der Kalkformation angehören, zeigten mir nur Rh. ferrugineum und zwar in grossen Massen[7]). Der Schweizerjura hat ebenfalls nur diese Art. An allen genannten Stellen wächst Rh. ferrugineum nicht etwa bloss auf tiefen Humus- oder auf Lehmlagen, die den Kalk bedecken, sondern auch auf Kalkfelsen, die mit einer sehr dünnen Humusschichte überzogen sind, stellenweise auf fast nacktem Gestein. Nach mündlichen Mittheilungen von Hrn. Prof. Theobald in Chur findet sich Rh. ferrugineum auf dem Calanda bei Chur in beträchtlicher Höhe auf fast nacktem Kalk.

Die Verbreitung der beiden Alpenrosen wird also im Grossen und Ganzen nicht durch die kalkarmen und kalkreichen geologischen Formationen bedingt. Sie erweisen sich auf dem grössten Theil ihres Verbreitungsbezirkes als bodenvag. Wo sie aber in beträchtlicher Menge neben einander auftreten, werden sie bodenstet, indem sie sich gegenseitig ausschliessen. Diese Ausschliessung ist, da es strauchartige langdauernde Pflanzen sind, nicht so strenge wie bei krautartigen Gewächsen; sie ist ferner um so weniger genau durchgeführt, je spärlicher und zerstreuter die Stöcke stehen. So kommen an den Kurfirsten oberhalb Quinten die beiden Arten, welche hier in geringerer Individuenzahl auftreten, durch einander vor und der nämliche Kalkblock trägt zuweilen auf der einen Seite Rh. ferrugineum, auf der andern Rh. hirsutum.

---

6) Auch hier giebt Gaudin Rh. hirsutum an.

7) Auf der Trübseealp über Engelberg bemerkte ich auch Rh. intermedium, was auf die Nähe von Rh. hirsutum hinweisen könnte.

Heer hat die vorgeschobenen Kolonien von Alpenpflanzen auf den Hügelkuppen und in den Torfmooren der ebeneren Schweiz von der Eiszeit hergeleitet und als zurückgelassene Posten der vorgedrungenen Gletscher erklärt. Rh. ferrugineum wurde nach demselben von dem Rhonegletscher aus dem Wallis auf den Jura, Rh. hirsutum von dem Linthgletscher auf die Berge an der östlichen Grenze des Cantons Zürich (Hohe Rhonen und obere Tössthäler) gebracht. In gleicher Weise dürfen wir wohl das Vorkommen von Rh. ferrugineum am Langensee und am Comersee von dem Langenseegletscher und dem Veltlinergletscher herleiten. Auf einer Tour über die Terrassen der Kurfirsten sah ich oberhalb Wallenstad bloss Rh. ferrugineum; weiter nach Westen auf einer Ausdehnung von etwa einer halben Stunde Rh. ferrugineum mit Rh. hirsutum und noch weiter westlich bloss Rh. hirsutum. Ich weiss nicht, ob diese Beobachtung auf einer einzigen Excursion die wirkliche Verbreitung ausdrückt, ob Rh. hirsutum den westlichen, Rh. ferrugineum den östlichen Theil der Kurfirsten bewohnt. Wie dem auch sei, das Vorkommen der beiden Arten auf diesem Gebirgsstocke kann vielleicht aus dem Zusammentreffen der beiden Eiszeitgletscher, Linth- und Rheingletscher erklärt werden. Der erstere hätte Rh. hirsutum, der zweite Rh. ferrugineum herbeigeführt, insofern wir die ursprünglichen Verbreitungscentren in die innern Alpen verlegen.

Im Allgemeinen werden die Centralalpen und der Südabhang von Rhododendron ferrugineum, die nördlichen Alpen von Rh. hirsutum bewohnt. Aber diese Verbreitungsareale sind vielfach durch die andere Art durchbrochen. Eine genaue Aufnahme der geographischen Vertheilung der beiden Alpenrosen, welche sich offenbar sehr langsam ausbreiten, dürfte für die Erkenntniss der Verbreitungsursachen

von grösstem Interesse sein und vielleicht Rückschlüsse auf die grossen Naturerscheinungen der diluvialen Zeit erlauben.

Ich fasse zum Schlusse noch das Resultat über das Vorkommen der Gewächse zusammen. Innerhalb der Region, welche einer Form durch die klimatischen Verhältnisse im Allgemeinen angewiesen ist, wird die Verbreitung bedingt

1) durch die besondere Modification dieser klimatischen Einflüsse, durch die physikalischen und chemischen Bodenverhältnisse,

2) durch die übrigen Gewächse, welche mit ihr concurriren, sowie auch durch die Thiere und den Menschen, welche fördernd und nachtheilig einwirken,

3) durch das Stadium der Wanderung, in welcher sich die Pflanzenform befindet.

Die Pflanzengeographie muss alle diese Momente combinirt in Rechnung bringen, um die Ausbreitung einer Art zu verstehen. Bisher hat man einen andern Weg verfolgt. Man untersuchte nur ein Moment für sich und beschränkte sich dabei fast ausschliesslich auf die chemischen und physikalischen Bodenverhältnisse. Man glaubte, dass in ihnen die Lösung der Räthsel enthalten sei und stritt sich darum, ob die einen oder andern den Ausschlag gäben. Man begann mit der Betrachtung eines beschränkten Gebietes, und dehnte sie dann immer weiter aus. H. v. Mohl und besonders A. de Candolle stellten als Grundsatz auf, dass man nur bei Berücksichtigung des grösstmöglichen Areals ein sicheres Ergebniss bekomme. Diese Forderung war gewiss gegründet, wenn es sich um die Beantwortung der Frage handelte: Giebt es Pflanzenarten, deren Vorkommen mit den Bodenverhältnissen parallel geht?

Die Methode von Mohl und de Candolle hatte ihre Berechtigung für einen bestimmten Zweck. Aber sie wird entschieden unrichtig, wenn wir die Frage allgemeiner stellen: ob und welchen Einfluss die Bodenbeschaffenheit auf das

Vorkommen der Pflanze habe? Wir müssen dann wieder zu der Erforschung des ganz beschränkten Gebietes zurückkehren, dasselbe mit all seinen eigenthümlichen Verhältnissen als ein Ganzes auffassen und wir dürfen es nur mit einem andern speziellen Gebiet, das ebenfalls in allen seinen Einzelheiten erforscht ist, vergleichen. Bloss auf diesem Wege wird es möglich sein, die Wirkung jedes einzelnen Factors und somit auch diejenige der Bodenbeschaffenheit zu bestimmen.

Wir finden, dass in einer Gegend eine Pflanze mit Rücksicht auf die chemischen Verhältnisse bodenstet ist, in einer andern bodenvag. Nach bisheriger Behandlungsweise wurde sie dann als bodenhold bezeichnet. Diess giebt uns aber keinen richtigen Begriff von dem Verhalten derselben. Statt dass wir sie bodenhold nennen, müssen wir vielmehr erforschen, unter welchen Bedingungen sie bodenstet, unter welchen bodenvag ist. — Es ist selbst möglich, dass eine Art in einer Gegend kalkstet, in einer andern urgebirgstet ist. Es seien nämlich drei verwandte Arten A, B, C so constituirt, dass A sehr kalkscheu, C sehr kalkliebend, B ziemlich indifferent gegen Kalk ist. In einer Gegend komme A und B, in einer andern B und C gemeinsam vor. In ersterer wird A urgebirgstet, B kalkstet auftreten, in letzterer wird dagegen B urgebirgstet und C kalkstet sein. Wenn wir aber, statt diese Verhältnisse aus einander zu halten, B allgemein nach der bisherigen Behandlungsweise als bodenvag aufführen, so erhalten wir einen sehr mangelhaften oder selbst einen sehr unrichtigen Begriff von dem wirklichen Verhalten.

Die Thatsache, ob eine Pflanzenart mit Rücksicht auf ihr ganzes Vorkommen in chemischer Beziehung bodenstet, bodenhold oder bodenvag sei, ist im Grunde ziemlich gleichgültig, da diess offenbar von allen mitwirkenden Factoren bedingt wird, und da es vom Zufall abhängt, wie die letztern

combinirt sind. Es ist sogar denkbar, dass jede Pflanze irgendwo bodenstet auftritt, denn keine wird ganz gleichgültig gegen die chemische Bodenbeschaffenheit sein; es wird ein bestimmtes Mengenverhältniss der Mineralsalze geben, welches ihr am besten, ein anderes, das ihr am wenigsten convenirt. Halten wir uns, wie bisher, bloss an kalkarme und kalkreiche Standorte, so mag es geschehen, dass jede Pflanze unter gewissen Verhältnissen, alles Uebrige gleichgesetzt, sich auf dem einen gegen die Mitbewerber zu behaupten vermag, auf dem andern nicht.

Bodenstetigkeit und Bodenvagheit sind überhaupt Zustände, aus denen wir keinen Schluss auf die Natur einer Pflanze ziehen dürfen, weil sie nicht von dieser Natur bedingt werden. Achillea atrata und A. moschata leben theilweise getrennt und sind dann bodenvag, theilweise beisammen und sind dann bodenstet, somit im ganzen bodenhold. Hätten die Verbreitungsursachen sie überall zusammengeführt, so würden wir sie nur als bodenstet kennen. Wären sie überall allein, so würden sie uns als bodenvag entgegentreten.

Wie mit der chemischen, so verhält es sich auch mit der physikalischen Beschaffenheit. Auch sie lässt die Pflanzen bald als bodenstet, bald als bodenvag erscheinen. Auch hier sind es nicht innere, in der Natur der Gewächse begründete Ursachen, sondern äussere Umstände, welche den Ausschlag geben. Bei gleicher chemischer Bodenbeschaffenheit und unter übrigens gleichen Verhältnissen verträgt eine Art in Gesellschaft einer bestimmten Vegetation sehr weite, in Gesellschaft einer andern Vegetation nur sehr limitirte Grenzen in den Feuchtigkeitsgraden der Bodenkrumme.

Wie mir scheint, ist es daher die nächste und dringendste Aufgabe der Wissenschaft, die Aufmerksamkeit den Gewächsen zuzuwenden, welche die zu erforschende Art umgeben, vor allem aus den nächst verwandten, dann aber

auch überhaupt solchen, welche an die Aussenwelt nahezu gleiche Anforderungen stellen, und endlich dem ganzen Verein von Gewächsen, welcher die Pflanzendecke bildet. Solche Untersuchungen werden, wie es die geringen Anfänge in dieser Mittheilung gezeigt haben, manches Räthsel in der Verbreitung der Pflanzen aufklären, und uns nachweisen, warum eine Art hier vorkommt und dort unter den nämlichen klimatischen und Bodenverhältnissen constant mangelt, obgleich ihr die Wanderung dorthin offen stände.

Eine andere nicht minder lohnende Aufgabe wäre es, die allgemeinern Thatsachen der jetzigen Verbreitung auf die grossen Veränderungen der Diluvialzeit zurückzuführen. Bis jetzt sind darüber wenig mehr als allgemeine Gedanken und einzelne spezielle Andeutungen gegeben worden. Die nothwendigen Vorarbeiten dazu wären genaue Verbreitungskarten mit allen Angaben, wo eine Art beobachtet wurde und wo sie fehlt, um aus den Lücken und Unterbrechungen in der Verbreitung auf die einstige Wanderung schliessen zu lassen.

---

20. Die Bastardbildung im Pflanzenreiche.

(Vorgetragen den 15. Dezember 1865.)

Die Veranlassung zur Behandlung dieses Themas ergab sich mir aus einer Untersuchung über die Bedeutung der in der Natur zwischen manchen Arten vorkommenden Zwischenformen, welche ich in einer nächsten Mittheilung darzulegen beabsichtige. Das Thema über die Bastardbildung ist indessen auch in anderer Beziehung von grösster Wichtigkeit. Dieselbe verbreitet einiges Licht über die Fortpflanzung, insofern es sich nämlich darum handelt, in welcher Weise die Eigenschaften der Eltern auf die Nachkommen übertragen werden. Sie hilft ferner die Frage über den

nöthigen, andere zu ignoriren oder als Ausnahmen zu behandeln.

Anderseits sind die über die Bastardbildung angestellten und veröffentlichten Versuche offenbar nicht überall hinreichend gekannt und werden nicht in dem Maasse, als sie es verdienen, gewürdigt. Namentlich gilt diess von den zahlreichen und trefflichen Beobachtungen Gärtner's, welche leider in seinem Buche (Versuche und Beobachtungen über die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche 1849) mit allzu geringer Uebersichtlichkeit dargelegt werden. Dafür lässt man sich zuweilen von Wahrnehmungen leiten, die man an wirklichen oder vermeintlichen Bastarden in der freien Natur gemacht und willkürlich commentirt hat. Oder man benutzt seine eigenen spärlichen Versuche, welche wegen ihrer Unvollständigkeit und häufig wegen ihrer Ungenauigkeit unbrauchbar sind, zu einer neuen Theorie, ohne zu ahnen, dass darüber zahlreiche und genaue Versuche längst entschieden haben. Die Lehre von der Bastardbildung würde in der neuern Zeit mehr Fortschritte gemacht haben, wenn manche Beobachter, statt von vorne anzufangen, sich die Erfahrungen der zwei erstgenannten deutschen Forscher zu Nutzen gemacht hätten, die die Arbeit ihres Lebens auf die Lösung dieses Problems verwendeten. Keine Lehre ist weniger abgeschlossen und fortgesetzte kritisch ausgeführte Versuche sind im höchsten Grade wünschenswerth. Aber sie können nur dann wissenschaftlichen Werth haben, wenn sie sich auf die Kenntniss des schon Geschehenen stützen, wenn sie entweder die festgestellten Regeln durch neue Thatsachen bestätigen, oder wenn sie dieselben modificiren, erweitern, beschränken, im letztern Falle aber die Bedingungen darthun, unter denen diese Modificationen eintreten.

Ich werde in der folgenden Uebersicht der Resultate mich ausschliesslich an die künstlichen Bastardirungsversuche halten, indem ich mir die Anwendung auf die wild-

[redacted]

wachsenden hybriden Formen für eine folgende Mittheilung vorbehalte.

1. Pflanzenformen, die sich systematisch nahe stehen, können mit einander Bastarde bilden. Im Allgemeinen geht die Befruchtungsfähigkeit nicht über die Gattung, sehr oft nicht über die Gattungssection hinaus, und manchmal bleibt sie innerhalb der Art eingeschlossen. Es verhalten sich in dieser Beziehung die verschiedenen natürlichen Ordnungen und Gattungen sehr ungleich.

Mit Rücksicht auf den Umfang, in welchem die Genera von der strengeren Schule der Systematik gefasst werden, können wir sagen, dass im Allgemeinen nur Arten des gleichen Genus sich befruchten können. Die wenigen Ausnahmen dürften sich auf folgende sichere Fälle beschränken: Lychnis und Silene, Rhododendron und Azalea, Rhododendron und Rhodora, Azalea und Rhodora, Rhododendron und Kalmia, Rhododendron und Menziesia[2]), Aegilops und Triticum, Gattungen der Cacteen (Echinocactus, Cereus, Phyllocactus) und Gessneriaceen. Ich füge bei, dass von den wildwachsenden Bastarden mir ausserdem nur zwei bekannt sind, welche von verschiedenen Gattungen abstammen könnten: Festuca loliacea Huds., welche nach A. Braun ein Bastard von Festuca elatior Lin. und Lolium perenne Lin. ist, und Nigritella suaveolens Koch, welche nach meinen Beobachtungen von Nigritella angustifolia Rich. und Gymnadenia odoratissima Rich. erzeugt wird.

Mit Rücksicht auf die geringe Zahl der Ausnahmen dürfte vielleicht die Frage aufgeworfen werden, ob in diesen

---

2) Bryanthus erectus Grah. et Paxt. Bastard von Rhododendron Chamaecistus Lin. und Menziesia coerulea Wahlenb.

Fällen die Gattung nicht zu enge, oder eher ob sie nicht unrichtig gefasst worden sei? ob die Verwandtschaft, welche in der gegenseitigen Befruchtungsfähigkeit sich kundgiebt, nicht verbiete, zwei Arten generisch zu trennen? Dafür liesse sich, ohne weiter auf das Prinzip einzutreten, wenigstens anführen, dass es mehrere Beispiele giebt, wo zwei sich bastardirende Arten, die früher in den mehr künstlichen Gattungen getrennt waren, jetzt in der nämlichen mehr natürlichen Gattung vereinigt sind.

Schon von Herbert und Andern wurde die Regel ausgesprochen, dass nur congenerische Species sich bastardiren können, und dass Arten, welche diese Fähigkeit besitzen, zu einer Gattung vereinigt werden müssen. Es ist dagegen der unlogische und daher nichtige Einwurf gemacht worden, wenn man diess als richtig anerkenne, so müsste man die sich nicht bastardirenden Species generisch trennen. Wenn ich sage, dass alle Weine zur Gattung Flüssigkeit gehören, so folgt daraus nicht, dass auch jede Flüssigkeit eine Weinsorte sein müsse, und dass Alles, was nicht Wein ist, desswegen auch keine Flüssigkeit sein könne.

Es giebt Genera, in welchen alle Arten in dem nahen Verhältniss zu einander stehen, dass sie sich gegenseitig befruchten. In andern besteht diese Beziehung nur zwischen den Arten der gleichen Section, während Arten verschiedener Sectionen sich nicht mit einander bastardiren. Sehr häufig mangelt dieses Vermögen selbst den Arten der gleichen Gattungssection, so dass hier nur die Varietäten der gleichen Art mit einander Bastarde bilden.

In der Neigung zu hybrider Befruchtung scheint übrigens eine grosse Verschiedenheit zwischen verschiedenen Gruppen des Pflanzenreiches zu herrschen. Ueber die Cryptogamen lässt sich in dieser Beziehung, wegen Mangel an Versuchen, nichts sagen; man weiss bloss, dass sie Bastarde bilden können. Unter den Phanerogamen gelingt die Ba-

stardbildung zwischen den Arten leichter bei folgenden Ordnungen: Liliaceen, Irideen, Nyctagineen, Lobeliaceen, Solanaceen, Scrophularineen, Gessneriaceen, Primulaceen, Ericaceen, Ranunculaceen, Passifloreen, Cacteen, Caryophylleen, Malvaceen, Geraniaceen, Oenothereen, Rosaceen. Die hybride Befruchtung zwischen den Arten gelang gar nicht oder nur ausnahmsweise bei den Gramineen, Urticaceen, Labiaten, Convolvulaceen, Polemoniaceen, Ribesiaceen, Papaveraceen, Cruciferen, Hypericineen, Papilionaceen.

Eben so verschieden verhalten sich die Gattungen der gleichen natürlichen Ordnung. Unter den Caryophylleen lassen sich die Arten von Dianthus leicht, diejenigen von Silene schwer bastardiren. Unter den Solanaceen sind die Arten von Nicotiana und Datura zu hybrider Befruchtung geneigt, nicht aber diejenigen von Solanum, Physalis, Nicandra; unter den Scrophularineen die Arten von Verbascum, Digitalis, nicht aber Pentastemon, Antirrhinum, Linaria; unter den Rosaceen die Arten von Geum, nicht aber Potentilla.

2. Die Pflanzenformen (Varietäten und Arten) bastardiren sich um so schwieriger und geben bei gegenseitiger Befruchtung eine um so geringere Zahl fruchtbarer Samen, je weniger sie unter einander sexuell verwandt sind. Diese sexuelle Affinität ist nicht gleichbedeutend mit der systematischen, welche durch äussere Formverschiedenheiten, Farbe und Habitus sich kundgiebt, noch mit der innern Verwandtschaft, welche in der chemischen und physikalischen Constitution begründet ist. Alle drei Affinitäten gehen jedoch ganz im Allgemeinen parallel.

Der befruchtende Blüthenstaub wirkt mehr oder weniger vollständig auf die weiblichen Organe. Wenn gar kein be-

fruchtender Einfluss statt hat, so welken dieselben, als ob überhaupt kein Pollen auf die Narbe gelangt wäre. Der erste und geringste Grad der Einwirkung besteht darin, dass bloss der Fruchtknoten, sammt dem Kelch, etwas wächst, ohne dass eine Veränderung an den Eichen sichtbar wird. Ein zweiter Grad besteht darin, dass der Fruchtknoten stärker wächst und die Ovula ebenfalls sich vergrössern, aber dann zusammenschrumpfen. Ein dritter Grad bringt es zu kleinen unvollkommenen Früchten mit leeren Samen. Ein vierter Grad zeigt normal ausgebildete Früchte mit leeren Samen. Ein fünfter Grad bildet normale Früchte mit einzelnen scheinbar vollkommenen, aber keimlosen Samen. Ein sechster Grad entwickelt normale Früchte, deren Samen einen kleinen, welken, nicht keimungsfähigen Embryo enthalten. Ein siebenter Grad endlich reift normale Früchte mit normalen Samen, aber in diesem letzten Grad der vollkommenen Befruchtung giebt es wieder alle möglichen Untergrade, je nachdem bloss ein oder wenige Ovula, eine grössere Zahl derselben oder nahezu alle sich in keimfähige Samen verwandeln. Der Einfluss des befruchtenden Blüthenstaubs auf die weiblichen Organe stuft sich also fast unendlich ab.

Dass die sexuelle Affinität nicht genau mit der systematischen Verwandtschaft zusammenfällt, ergiebt sich aus vielen Beispielen. Es kommt nicht selten vor, dass zwei Arten A und B, die sich äusserlich sehr ähnlich sehen, sich nicht bastardiren, während A sich mit der Art C, welche in den Merkmalen viel mehr abweicht als B, leicht befruchtet. So ist es z. B. noch nicht gelungen, den Apfelbaum mit dem systematisch nahe verwandten Birnbaum hybrid zu vereinigen, ebenso wenig die sehr ähnlichen Anagallis arvensis Lin. und A. coerulea Schreb., Primula officinalis Jacq. und P. elatior Jacq., Nigella damascena Lin. und N. sativa Lin., Pentastemon gentianoides Poir. und P. Hartwegii Benth. und viele andere.

Dagegen befruchten sich die einander unähnlichen Aegilops ovata Lin. und Triticum vulgare Vill., Lychnis diurna Sibth. und Lychnis Flos cuculi Lin., Rhododendron ponticum Lin. und Azalea pontica Lin., Cereus speciosissimus Desf. und C. Phyllanthus DC. (Phyllocactus Phyllanthus Link.), strauchartige und krautartige Calceolarien, die in den Früchten abweichenden Pfirsichbaum und Mandelbaum etc.

Man könnte mit Gärtner die Meinung hegen wollen, dass die sexuelle Verwandtschaft mit der innern oder chemisch-physikalischen identisch sei. Diess wird durch folgende, sich öfter wiederholende Thatsache unmöglich, dass von zwei Pflanzenarten (A und B) sich A durch B, nicht aber B durch A befruchten lässt, oder dass A leichter durch B als B durch A befruchtet wird. Da nun sicher A zu B die gleiche innere Verwandtschaft hat wie B zu A, so muss die Anziehung zwischen den Geschlechtsorganen etwas Besonderes sein. Wir können die letztere auch nicht als eine Folge der innern oder chemisch-physikalischen Beschaffenheit betrachten, da es viele andere Arten giebt, wo die Befruchtungsfähigkeit die gleiche ist, ob A oder B die männliche Rolle übernimmt.

Mit der Affinität, die sich aus der künstlichen Befruchtung ergiebt, muss allerdings besondere Vorsicht angewendet werden, weil der Erfolg derselben noch durch so viele andere Nebenumstände bedingt wird. Desswegen darf aus einigen wenigen Versuchen nie ein Schluss gezogen werden. Wenn einige Blüthen A, durch B befruchtet, und einige Blüthen B, durch A befruchtet, zufällig ein ungleiches Resultat geben, darf man desswegen noch nicht auf ungleiche, — wenn sie zufällig ein gleiches Resultat geben, noch nicht auf gleiche gegenseitige Sexualaffinität schliessen. Die Folgerung ist aber nicht zu beanstanden, wenn eine grössere Zahl von Versuchen in mehreren Jahren wiederholt im

Resultat übereinstimmt. Ich will hiefür nur zwei Beispiele anführen. Gärtner hat in 5 verschiedenen Jahren 79 Blüthen der Nicotiana paniculata Lin. mit Blüthenstaub von N. Langsdorfii Weinm. befruchtet; 66 davon setzten Früchte an, die alle ziemlich viele Samen reiften. Ebenderselbe hat ferner in 3 verschiedenen Jahren 44 Blüthen der N. Langsdorfii mit Pollen der N. paniculata bestäubt, ohne den geringsten Erfolg. Kölreuter konnte Mirabilis Jalapa Lin. leicht durch den Pollen von M. longiflora Lin. befruchten: aber bei mehr als 200 Bestäubungen von M. longiflora durch M. Jalapa während 8 Jahren erhielt er nie Samen.

Daraus geht unbestreitbar hervor, dass von gewissen hermaphroditischen Pflanzenarten die eine zu der andern eine ungleiche Anziehung besitzt, je nachdem sie als Mann oder als Weib sich ihr nähert. Wir müssen daher zwischen zwei Pflanzenformen drei verschiedene Affinitäten anerkennen: die äussere oder systematische, die innere oder chemisch-physikalische[3]) und die sexuelle. Was die letztere betrifft, so weiss man nichts über die Natur derselben. Möglicher Weise könnte sie durch äussere (mechanische) Ursachen bedingt werden; wahrscheinlicher hängt sie mit localen, in den Geschlechtsorganen liegenden, chemisch-physikalischen Constitutionen zusammen.

Wenn auch die sexuelle Affinität etwas Selbständiges ist, so geht sie im Allgemeinen doch mit der systematischen parallel, oder kommt wenigstens nicht in allzugrossen Wider-

---

3) Dass äussere und innere Verwandtschaft nicht identisch sind, ergiebt sich, um nichts Weiteres anzuführen, deutlich aus der Thatsache, dass ein Merkmal in zwei Pflanzen äusserlich ganz das gleiche sein kann, obgleich es in der einen noch durchaus variabel ist, in der andern aber durch correspondirende innere Veränderungen eine grosse Constanz erlangt hat.

spruch mit derselben. Ich habe bereits gesagt (§. 1), dass Arten von verschiedenen Gattungen mit wenigen Ausnahmen sich nicht bastardiren. Dasselbe gilt fast immer auch für die Arten, welche zu verschiedenen natürlichen Sectionen der gleichen Gattung gehören, also für congenerische Arten, die sich systematisch ferner stehen.

Zwei Species eines Genus, die sich nicht zu befruchten vermögen, können durch Vermittelung einer dritten, zu der sie beide Verwandtschaft haben, zusammengebracht werden. A und B bastardiren sich nicht, wohl aber A und C, ebenso B und C. Ist diess der Fall, so findet hybride Verbindung zwischen A und dem Bastard B+C, ebenso zwischen B und dem Bastard A+C statt[4]).

Wenn von zwei Arten jede verschiedene Varietäten hat, so besteht zwischen den gleichartigen Varietäten der einen und andern Art eine grössere Affinität, als zwischen den ungleichartigen. Verbascum Blattaria Lin. und V. Lychnites Lin. haben gelb- und weissblühende Varietäten. Das weissblühende V. Blattaria verbindet sich leichter mit dem weissblühenden als mit dem gelbblühenden V. Lychnitis und umgekehrt. Die übrigen Verbascum-Arten mit gelben Blüthen geben ebenfalls mit den gelbblüthigen Pflanzen von V. Blattaria und V. Lychnitis eine grössere

4) Durch die Formel A+B bezeichne ich immer den Bastard der elterlichen Formen A und B, wenn es unbestimmt oder gleichgültig ist, welche derselben Vater und welche Mutter gewesen sei. A B dagegen ist die Pflanze, welche A zum Vater, B zur Mutter hat und B A ist aus der Befruchtung von A durch B hervorgegangen. Man bedient sich sehr häufig der umgekehrten Bezeichnungsweise, indem man den Namen der Mutter voranstellt. Da hierüber keine Einigkeit herrscht, so wähle ich diejenige Namengebung, welche auch in andern Gebieten gebräuchlich ist, wo man mit wenigen Ausnahmen dem Namen des Mannes die erste Stelle giebt.

Menge von hybriden Samen als mit weissblüthigen Pflanzen der gleichen Species.

Eine solche Steigerung der sexuellen Affinität zwischen gewissen Varietäten verschiedener Arten kommt auch dann vor, wenn eine grössere Aehnlichkeit in den systematischen Merkmalen nicht bemerkbar ist. Es ist überhaupt eine häufige Thatsache, dass zwei Varietäten der gleichen Art nicht die nämliche Geschlechtsverwandtschaft zu einer andern Art haben. Schon Kölreuter hat diess durch eine Reihe von genauen Versuchen bewiesen. Von fünf Tabaksorten, welche sich durch die vollkommene Fruchtbarkeit ihrer Bastarde als Varietäten einer Species erwiesen, vereinigte sich die eine bei wiederholten Versuchen mit Nicotiana glutinosa Lin. leichter und gab mehr Samen als die übrigen vier. Gärtner erhielt bei einigen andern Pflanzen ein gleiches Resultat.

Unter den Arten erfolgt die gegenseitige Befruchtung in der Regel am leichtesten bei jenen, welche an der Grenze zwischen Species und constanter Varietät stehen, und welche von den einen Autoren als Arten, von den andern als Varietäten oder Racen angesehen werden. So giebt z. B. Lychnis diurna Sibth. eben so viele Samen, wenn sie durch L. vespertina Sibth., als wenn sie durch ihren eigenen Pollen oder durch den ihrer weissen Varietät befruchtet wird. Dessgleichen zeigt L. vespertina die nämliche Fruchtbarkeit, wenn sie durch L. diurna, als wenn sie durch sich selbst bestäubt wird. Beide Pflanzen wurden von Linné in eine Species vereinigt, von den spätern getrennt.

Noch leichter als unter den nächst verwandten Arten geschieht die Bastardirung zwischen den Varietäten der nämlichen Art. Diese sind meist so geneigt dazu, dass man sie nicht neben einander pflanzen darf, wenn man sie rein erhalten will. Aus ihrer gegenseitigen Befruchtung gehen

[redacted]

sehr reichliche Samen hervor. Selbst in Ordnungen, wo sich die Species nicht zu bastardiren vermögen, wie bei den Cruciferen, Papilionaceen etc. befruchten sich die Varietäten leicht (Brassica, Pisum, Phaseolus).

Doch giebt es auch Varietäten, die sich nur schwer verbinden. So berichtet Gärtner, er habe 14 Kolben (auf eben so vielen Pflanzen) der gelbfrüchtigen Zea Mays nana mit dem Pollen der rothfrüchtigen Zea Mays major befruchtet; 13 Kolben haben gänzlich fehlgeschlagen, der letzte bloss 5 Samen getragen. Ferner wurden von vier Pflanzen der Zea Mays major mit gelben Früchten zwei durch die rothfrüchtige und zwei durch die aschgraufrüchtige Zea Mays major, endlich von vier Pflanzen der rothfrüchtigen Zea Mays major zwei durch die gelbfrüchtige und zwei durch die aschgraufrüchtige Zea Mays major bestäubt. Jede dieser 8 Pflanzen, weit entfernt eine normale Ernte zu geben, reifte bloss eine ziemlich geringe Zahl von Samen.

Der nämliche Beobachter bestäubte Silene inflata Var. alpina mit eigenem Pollen und erhielt die normale Menge Samen. Aber alle Versuche (im Ganzen 36), wo zwei Varietäten der genannten Species mit einander gekreuzt wurden, gaben eine merklich geringere Menge oder auch gar keine Samen. Er befruchtete nämlich Silene inflata alpina durch S. i. angustifolia, S. i. latifolia durch S. i. litoralis, S. i. litoralis durch S. i. angustifolia und durch S. i. latifolia[5]).

Ebenso haben die Versuche von verschiedenen Beobachtern gezeigt, dass in der Ordnung der Cucurbitaceen

---

5) Diese Formen werden gewöhnlich als Varietäten betrachtet; Gärtner führt sie zum Theil als Arten auf: Cucubalus alpinus, Cucubalus Behen angustifolius, Cucubalus Behen latifolius und Cucubalus litoralis.

gewisse Varietäten der gleichen Art sich schwer bastardiren, während die Mehrzahl es mit Leichtigkeit thut. Es soll hier die hybride Befruchtung um so schwieriger gelingen, je grösser der Abstand in den systematischen Merkmalen zwischen ihnen ist.

Vergleichen wir die Species und die Varietäten mit Rücksicht auf die sexuelle Affinität, so finden wir keine Grenze, welche dieselben scheidet. Im Allgemeinen ist die Verwandtschaft allerdings grösser zwischen den Varietäten und geringer zwischen den Species. Allein es giebt Varietäten (wie diejenigen des Mays, der Silene inflata und der kürbisartigen Gewächse), welche von einer Menge guter Arten in der Neigung zu gegenseitiger Befruchtung übertroffen werden. Wenn wir die Gewächse nach der Stärke der sexuellen Verwandtschaft in eine Reihe ordnen wollten, so kämen zuerst Varietäten, zuletzt Species, in der Mitte aber würden auf einer beträchtlichen Strecke der Reihe Varietäten und Species durch einander stehen und mit einander abwechseln.

3. Die Fruchtbarkeit der Bastarde ist um so geringer, die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane sind um so mehr geschwächt und zur Begattung untauglich, die Zahl ihrer keimfähigen Samen um so kleiner, je weiter die erzeugenden Formen (Stammeltern) in der sexuellen Verwandtschaft sich von einander entfernen. Die Speciesbastarde sind also im Allgemeinen weniger fruchtbar als die Varietätenbastarde.

Betrachten wir zuerst die Erscheinungen, welche die relative oder absolute Unfruchtbarkeit der Bastarde begleiten, so finden wir für die männlichen Organe Folgendes. Bei gänzlicher Impotenz verkümmern die Staubbeutel entweder vollständig, oder was häufiger der Fall ist, sie bilden bloss unausgebildete und unregelmässig gestaltete Pollen-

körner, welche nicht in Pollenschläuche auswachsen. Bei der partiellen Impotenz wird neben diesen unausgebildeten Körnern eine geringere oder grössere Zahl von vollkommenen, zu Schläuchen auswachsenden Pollenzellen erzeugt. Diese letztern verhalten sich aber nicht ganz wie die Pollenkörner der Stammeltern; sie entwickeln nämlich ihre Schläuche in der nämlichen verdünnten Zuckerlösung oder in der nämlichen Nectariumflüssigkeit und ebenso auf den Narben langsamer.

Die gänzliche Unfruchtbarkeit der weiblichen Organe zeigt verschiedene Stufen; es sind die nämlichen, welche man bei der gegenseitigen Bestäubung solcher reinen Arten beobachtet, die eine geringe sexuelle Verwandtschaft zu einander haben (vgl. §. 2). Entweder welkt der Stempel, obgleich bestäubt, doch gerade so, als ob eine Berührung mit Blüthenstaub nicht statt gefunden hätte. Oder der Fruchtknoten vergrössert sich weniger und mehr, selbst zu einer normalen reifen Frucht; die Ovula in demselben verkümmern gänzlich, oder sie entwickeln sich ebenfalls weniger und mehr, selbst zu anscheinend normalen Samen, die aber einen nicht keimungsfähigen Embryo enthalten. — Die partielle Unfruchtbarkeit giebt sich darin kund, dass eine geringere Menge von keimungsfähigen Samen gebildet wird, dass dieselben langsamer keimen als die Samen der reinen Arten und zu schwächlichen Pflanzen werden.

Die Speciesbastarde verhalten sich rücksichtlich ihrer Fruchtbarkeit äusserst verschieden und bieten Beispiele für alle erwähnten Abstufungen dar. Es giebt solche, welche (bei Selbstbestäubung) beinahe eben so viele keimfähige Samen erzeugen als die Stammarten selbst. Bei den Versuchen Gärtner's reifte der Bastard von Lobelia cardinalis Lin. und L. fulgens Willd. in einer Kapsel gegen 900 Samen, die Eltern dagegen 1100—1200; der Bastard von Lychnis diurna Sibth. und L. vespertina Sibth.

gab 90—125, seine Eltern aber 150—190 Samen; der Bastard von Dianthus barbatus Lin. und D. japonicus Thunb. 45, hingegen Dianthus barbatus 96; der Bastard von Datura Stramonium Lin. und D. Tatula Lin. 220—280, seine Eltern aber 600—800 Samen[6]). Es giebt andere Bastarde, die nur 1/4, 1/6, 1/10, 1/20 so viel Samen hervorbringen als die Stammarten; solche die unter vielen tauben immer nur einzelne gute Samen, und solche, die bloss in einzelnen Individuen einige wenige Samen erzeugen, in den übrigen nicht.

In diesen Beispielen wurde Selbstbestäubung des Bastards vorausgesetzt; es sind also beide Geschlechtsorgane zeugungsfähig. Es giebt jedoch auch manche Bastarde, die bloss ein conceptionsfähiges weibliches Organ besitzen, während der Pollen taub ist. Bei einigen ist der Blüthenstaub befruchtungsfähig, aber der Stempel ist unfruchtbar. Die letzten beiden sind also unfähig durch Selbstbefruchtung Samen hervorzubringen; wohl aber können die erstern von den Stammeltern befruchtet werden, die zweiten können dieselben befruchten. — Endlich giebt es Bastarde mit absoluter Zeugungsunfähigkeit; die männlichen Organe derselben sind gänzlich impotent, die weiblichen gänzlich untauglich zur Conception.

Diese relative oder absolute Unfruchtbarkeit der Artbastarde wird immer durch eine entsprechende Schwächung der geschlechtlichen Sphäre bedingt. Diese Schwächung zeigt sich auch deutlich darin, dass alle Artbastarde durch Selbstbefruchtung weniger Samen geben, als wenn sie von einer der beiden Stammarten bestäubt werden. Es giebt selbst solche, welche sich nicht selbst zu befruchten vermögen;

---

6) Datura Stramonium und D. Tatula wurden von Linné und vielen Autoren als zwei besondere Arten, von einigen Autoren jedoch als Varietäten einer Art betrachtet.

aber sie befruchten die Eltern und werden von ihnen befruchtet. Im letzten Falle sind die geschwächten Geschlechtsorgane nicht ganz unfähig zur Zucht; aber jedes derselben vermag nicht mit einem Organe gleicher Schwäche, wohl aber mit einem stärkern Organe einen lebensfähigen Keim hervorzubringen.

Im Allgemeinen kann als Regel gelten, dass die männlichen Organe der Speciesbastarde stärker affizirt, d. h. in höherem Grade geschwächt sind, als die weiblichen: daher es auch mehr männlich impotente, als weiblich conceptionsunfähige Bastarde giebt. Doch ist diese Regel nicht ohne Ausnahme. Schon Kölreuter giebt an, dass die Befruchtung von Dianthus chinensis durch Dianthus barbato-chinensis mehr Samen gegeben habe als die Befruchtungen des Bastards (D. barbato-chinensis) durch eine der beiden Stammarten (D. barbatus oder D. chinensis), und zieht daraus den Schluss, dass die Fruchtbarkeit des Bastards von männlicher Seite weniger eingeschränkt sei als von weiblicher [7]).

Die Artbastarde zeichnen sich, wie ich später anführen werde (§. 8), meistens durch einen grossen Reichthum an Blüthen aus. Von denselben bildet, selbst bei den fruchtbarsten, nur ein kleiner Theil Samen; die grosse Mehrzahl bleibt immer taub. In dieser Beziehung giebt es, nach Gärtner, besondere Regeln für die verschiedenen Arten. Bald sind es die ersten Blüthen, bald die mittlern, bald die letzten der ganzen Blüthezeit, welche Samen ansetzen. Die Erscheinung, dass viele Blüthen unfruchtbar bleiben, kommt übrigens bekanntlich auch bei den reichblühenden Formen der reinen Arten vor.

---

7) Kölreuter (II. Fortsetzung 101) nennt Dianthus carthusianorum, sagt aber früher, es sei darunter D. barbatus Lin. gemeint.

»Wenn die Artbastarde durch Selbstbestäubung Samen zu bilden vermögen, so vermindert sich bei fortgesetzter Selbstbestäubung meistens ihre Fruchtbarkeit von Generation zu Generation. Sie werden früher oder später gänzlich steril, die einen schon in der 2. und 3., die fruchtbarsten in der 9. bis 10. Generation. Doch giebt es auch Speciesbastarde, deren Fruchtbarkeit in der ersten Generation vermindert ist, in der zweiten und den folgenden Generationen aber wieder zunimmt, wie diess z. B. bei dem Bastarde von Dianthus barbatus Lin. und D. chinensis Lin. beobachtet wurde. Die Sexualorgane gewisser Artbastarde können also im Verfolg der Generationen wieder stärker werden, woraus wohl geschlossen werden darf, dass sie eine eben so vollkommene Beschaffenheit zu erreichen im Stande sind, wie sie sie bei den Stammeltern haben. — Diess wird auch ausdrücklich von Herbert angegeben, welcher in mehreren Fällen die Artbastarde ebenso fruchtbar fand als ihre Stammarten, und zwar auch bei einigen Pflanzen, wo Gärtner wahrscheinlich wegen weniger günstiger Kultur eine verminderte Fruchtbarkeit beobachtete.

Die Varietätenbastarde zeichnen sich vor den Artbastarden im Allgemeinen durch eine grössere Fruchtbarkeit aus. Dieselbe kann in der ersten Generation geschwächt sein und in den folgenden zunehmen, wie ich es eben für einige Speciesbastarde angegeben habe. Diess ist der Fall bei den Abkömmlingen von Varietäten, die weiter von einander entfernt sind und eine grössere Constanz erlangt haben. Die Varietätenbastarde können aber auch schon in der ersten Generation an Fruchtbarkeit die Eltern übertreffen.

Aus den angeführten Thatsachen geht zur grössten Evidenz hervor, dass es in der Fruchtbarkeit der hybriden Formen eine allmähliche Abstufung giebt, und dass sich in dieser Beziehung zwischen Varietätenbastarden und Speciesbastarden keine scharfe Grenze ziehen lässt. Man hat zwar

an verschiedenen Stellen diese Grenze festzustellen versucht, jedoch ohne günstigen Erfolg.

Es war und ist zum Theil jetzt noch eine beliebte Annahme, dass die Artbastarde keine Samen hervorbringen können. Man beruft sich dabei gewöhnlich auf Kölreuter; allein weder dieser Beobachter noch irgend ein anderer, der sich mit Bastardirungsversuchen abgegeben, hat eine so unhaltbare Ansicht ausgesprochen. Kölreuter sagt bloss, dass die Varietätenbastarde vollkommene Fruchtbarkeit besitzen, die Artbastarde dagegen entweder ganz unfruchtbar, oder doch weniger fruchtbar als die Stammeltern seien. Was die letztere Unterscheidung betrifft, so haben die spätern Versuche, in welchen die Samen abgezählt wurden, dargethan, dass es einen allmählichen Uebergang von den Varietätenbastarden zu den Artbastarden giebt. Wenn das Vermögen, Samen hervorzubringen, den Speciesbastarden mangelte oder ihnen nur in beschränktem Maasse zukäme, so müsste man z. B. Dianthus superbus Lin. und D. barbatus Lin., D. barbatus Lin. und D. chinensis Lin., D. arenarius Lin. und D. chinensis Lin., D. Armeria Lin. und D. deltoides Lin., Geum urbanum Lin. und G. rivale Lin. je in eine Art vereinigen; denn die hybriden Verbindungen derselben zeichnen sich durch grosse Fruchtbarkeit aus. Eine solche Reform der Pflanzenspezies dürfte wohl keinem Botaniker einfallen, um so weniger, als die Grenze zwischen Varietät und Art ebenso schwankend und unbestimmt bliebe als sie es jetzt ist. Wollte man gar, um eine besser deffinirte Grenze zu erhalten, alle Hybriden, welche durch Selbstbestäubung keimfähige Samen erzeugen, als Varietätenabkömmlinge erklären, so müsste man ganze Gattungen und Gattungssektionen zu Arten degradiren.

Eine andere Theorie beschränkt die Speciesbastarde auf die Unfruchtbarkeit der männlichen Organe. Dieselbe

wurde zuerst von Knight ausgesprochen, aber schon von seinem Landsmanne Herbert bestritten und widerlegt. Knight selbst musste schliesslich zugestehen, dass ein Bastard des Pfirsich- und Mandelbaums, der während 3 Jahren nur unvollständige Blüthen trieb, im vierten Jahr vollkommene Blüthen und reichlichen Blüthenstaub hervorgebracht habe. Er fügte bei, dass er keine Ursache hätte, an der Fruchtbarkeit dieses Blüthenstaubs zu zweifeln. In neuerer Zeit hat Klotzsch (Bericht über d. Verhandl. d. k. preuss. Ak. d. Wiss. 1854 p. 535) mit grossem Eifer die Theorie von Knight verfochten, dabei die Unvorsichtigkeit von dessen eben erwähntem Geständniss getadelt und den Grund, warum er in England keine Zustimmung gefunden, in dem Umstand gesucht, dass sein Gegner Herbert, der die Fruchtbarkeit der Bastarde behauptete, ein Geistlicher war. Dagegen hielt Klotzsch es nicht der Mühe werth, der Hunderte von Beispielen zu erwähnen, in welchen schon Kölreuter sowie Spätere namentlich Gärtner von den Speciesbastarden Blüthenstaub erhielten, den sie zur Befruchtung benutzen konnten, noch auch die daraus sich ergebende Consequenz zu erörtern, dass man die Arten ganzer Gattungen und selbst verschiedener jetziger Gattungen spezifisch vereinigen müsste.

Eine mehr beachtenswerthe Theorie ist von Gärtner aufgestellt worden. Die Artbastarde sollen nach ihm darin sich auszeichnen, dass sie, wenn auch im Anfange noch so fruchtbar, bei der Selbstbestäubung in den folgenden Generationen an Fruchtbarkeit abnehmen und zuletzt aussterben. Ich kann jedoch diesem allgemeinen Ausspruche, der mehrfach wiederholt wird, keine ausschliessliche Gültigkeit beimessen, da Gärtner selbst sagt: „Wir haben aber auch bemerkt, dass bei einigen fruchtbaren Bastarden die Fruchtbarkeit durch die künstliche Befruchtung mit dem

eigenen Pollen[8]) in der zweiten, dritten und den weiteren Generationen wieder zugenommen hat, z. B. bei dem Dianthus chinensi-barbatus, indem die organische Beschaffenheit und die Potenz der männlichen Organe durch diese wiederholten Zeugungen nach und nach wieder vervollkommnet wird." Dieses Zeugniss scheint mir um so wichtiger, als Gärtner die Verschiedenheit von Art und Varietät durch die angeführte Theorie zu retten versuchte. Ich bemerke noch, dass die Bastarde nur unter Umständen, welche sehr ungünstig auf ihre Fruchtbarkeit wirken mussten, gezogen wurden. Um sie vor der Bestäubung durch andere Pflanzen zu bewahren, wurden sie meist in Töpfe gepflanzt und im Zimmer gehalten. Wenn man Stöcke von reinen Arten so behandeln und durch 9—10 Generationen immer nur mit sich selbst befruchten wollte, so ist 100 gegen 1 zu wetten, dass viele derselben ebenfalls an Fruchtbarkeit abnehmen und zuletzt aussterben würden (vgl. §. 4). Wenn trotz dieser ungünstigen Verhältnisse bei einzelnen Artbastarden die Fruchtbarkeit durch mehrere Generationen sich vermehrte, so müssen wir annehmen, dass sie an Fruchtbarkeit den reinen Arten nicht nachstehen und dass sie zu einer Dauer und Constanz gelangen können, die derjenigen der Arten gleichkommt.

4. Die Regel, dass die sexuelle Affinität um so grösser sei, dass also die hybride Befruchtung um so leichter erfolge und um so zahlreichere Samen gebe, dass ferner die aus ihr entsprungenen Bastarde bei der Selbstbestäubung um so fruchtbarer seien, je näher die Stammformen äusserlich und innerlich verwandt sind, gilt nur bis zu einer gewissen Grenze,

---

8) Diese gesprengt gedruckten Worte sind in derselben Weise von Gärtner selbst hervorgehoben.

innerhalb deren die Fruchtbarkeit in beiden Beziehungen abnimmt. Die Selbstbestäubung des Individuums scheint in der Regel weniger Samen und aus den Samen Pflanzen mit geringerer Fruchtbarkeit und Vegetationskraft zu geben, als die Bestäubung durch ein anderes Individuum. Ebenso ist die Begattung innerhalb der nämlichen Varietät für das Wachsthum und die Samenbildung meist weniger günstig als die Kreuzung mit einer nahe verwandten Varietät.

Es ist schwerer, diesen Grundsatz durch Thatsachen zu beweisen, als die in §. 2 und 3 ausgesprochenen, weil Niemand darüber direkte Versuche angestellt hat, und weil man daher bloss durch einzelne zufällig gemachte Beobachtungen etwas darüber weiss. Niemand hat während mehreren successiven Generationen die Selbstbestäubung des Individuums veranlasst. Man kennt aber den nachtheiligen Einfluss von fortgesetzten allzunahen Heirathen beim Menschen; und dass diese Analogie auch für das Gewächsreich gelte und dass hier Aehnliches stattfinde, dafür sprechen einige merkwürdige Thatsachen.

Bei Parietaria können sich die hermaphroditischen Blumen, wie Schkuhr und Treviranus gezeigt haben, nicht selbst bestäuben; sie müssen durch den Pollen von anderen Blumen befruchtet werden. Es verhält sich mit ihnen, wie mit den hermaphroditischen Schnecken, die sich nicht selbst befruchten.

Es sind einige Pflanzen bekannt, bei denen der eigene Pollen nicht zu befruchten vermag, obgleich er vollkommen ausgebildet und potent ist, wogegen der Blüthenstaub eines andern Individuums oder selbst einer andern Art Befruchtung bewirkt. So konnte, wie Gärtner beobachtete, Lobelia fulgens Willd. sich nicht selbst befruchten, wiewohl beide Sexualorgane in zeugungsfähigem Zustande sich befanden;

denn ihr Pollen befruchtete die Ovula von L. syphilitica Lin. sowie von L. cardinalis Lin., und ihre Ovula wurden von dem Blüthenstaub dieser beiden Arten befruchtet. — Nach demselben Beobachter befruchtete ein Exemplar von Verbascum nigrum Lin. nicht sich selbst; es wurde aber von V. austriacum Schott ziemlich vollständig befruchtet, und sein Pollen befruchtete die Ovarien von V. Thapsus Lin. An andern Arten von Verbascum wurde die nämliche Erfahrung gemacht. So beobachtete schon Kölreuter, dass vier Stöcke von Verbascum phoeniceum Lin. in einer grossen Menge von Blüthen, die mit eigenem Pollen künstlich bestäubt wurden, nicht einen einzigen Samen ansetzten, während die nämlichen Pflanzen sich durch Verbascum Lychnitis Lin., V. phlomoides Lin., V. nigrum Lin. und V. Blattaria Lin. leicht befruchten liessen.

Gärtner bestäubte ferner 68 Blüthen von Tropaeolum majus Lin. mit eigenem Pollen; nur 2 derselben bildeten spärliche Samen. Von 16 Blüthen derselben Pflanze, die mit Pollen von T. minus Lin. bestäubt wurden, gaben 5, und von 10 Blüthen des T. minus, die mit Pollen von T. majus bestäubt wurden, gaben 8 spärliche Samen.

Nach den Beobachtungen von Herbert wurde Amaryllis carinata Spr. nicht durch den eigenen Blüthenstaub, wohl aber durch denjenigen von A. tubispatha Herit. befruchtet. Aehnliches berichtet er von anderen Amaryllis-Arten und von Arten der Gattung Crinum. — Verschiedene Beobachter bezeugen, dass mehrere Arten von Passiflora, wenn man sie sich selbst überlässt oder durch den eigenen Pollen künstlich bestäubt, keine oder spärliche Samen bilden. Mit dem Pollen verwandter Arten bestäubt, setzen sie reichlichere Früchte an, und ihr eigener Pollen vermag ebenfalls andere verwandte Arten zu befruchten.

Diese Beispiele zeigen deutlich, dass auch bei den Pflanzen die Abneigung gegen die Selbstbefruchtung oder gegen

die Befruchtung durch ein Individuum der gleichen Form sehr gross sein kann. Denn sie ist grösser als die Abneigung gegen die Vermischung mit einer nahestehenden Species. Dass überhaupt eine allzustrenge Inzucht eine weniger fruchtbare und schwächlichere Nachkommenschaft zur Folge hat, ist die allgemeine Ansicht der Pflanzen- und Thierzüchter. Desswegen wird zur Kräftigung einer Race hin und wieder fremdes Blut in dieselbe eingeführt. Die Kreuzung von zwei nahestehenden Varietäten derselben Art giebt meist eine grössere Menge von Samen als die Befruchtung der einen oder andern Varietät durch sich selbst: dessgleichen sind die aus solchen Kreuzungen hervorgegangenen Bastarde fruchtbarer als die Individuen der reinen Varietäten.

Die strenge Inzucht, wozu die in den botanischen Gärten gezogenen Pflanzen häufig verurtheilt sind, dürfte eine der Ursachen sein, warum manche Arten aus dem Betriebe derselben mit der Zeit verschwunden sind. Es ist sehr fraglich, ob Victoria regia sich auf die Dauer in unseren Aquarien wird halten können, wenn nicht von Zeit zu Zeit Samen aus dem Vaterlande geholt werden.

Lecocq giebt an, dass die Kreuzung verschiedener Individuen der nämlichen Varietät von Mirabilis kräftigere Pflanzen gebe, als die Selbstbefruchtung.

5. Wenn gleichzeitig verschiedene Arten von Blüthenstaub auf die Narbe gelangen, so wirkt allein derjenige befruchtend, welcher die grösste sexuelle Affinität hat. Die Anwesenheit von Pollen der gleichen Species schliesst daher in der Regel die hybride Befruchtung durch andere Species aus. Dagegen kann der Pollen einer andern Varietät der gleichen Art sehr leicht die Selbstbefruchtung verhindern. Dieses Ausschliessungsvermögen ist nur so lange wirksam, als eine Befruchtung nicht stattgefunden hat. — Da die Conception durch Pollen

von geringerer Affinität langsamer erfolgt, so kann Pollen von stärkerer Affinität, der etwas später zutritt, neben jenem wirksam werden, und das Vorhandensein von zweierlei Samen in einer Frucht veranlassen.

Es ist selbstverständlich, dass ein Ovulum nur von einem einzigen Pollenschlauch befruchtet wird, und dass die früher von Einigen gehegte Ansicht, es könne der Keim im Samen das Produkt von mehreren Pollenkörnern sein, ins Reich der Fabeln gehört.

Alle künstlichen Bastardirungsversuche haben dargethan, dass wenn man die Narben einer Blüthe gleichzeitig mit eigenem Pollen und mit demjenigen anderer Arten bestäubt, nur Pflanzen der eigenen Art gebildet werden. Und zwar macht die kleinste Quantität des eigenen Blüthenstaubs die grösste Menge von fremdem unwirksam. Eine Ausnahme findet nur dann statt, wenn eine Pflanze eine grosse Abneigung gegen die Selbstbefruchtung hat (§. 4). Ebenso entsteht, wenn eine Blüthe mit Pollen von verschiedenen Arten bestäubt und der eigene ausgeschlossen wird, nur eine Bastardart.

Kommen verschiedene Arten von Blüthenstaub ungleichzeitig auf eine Narbe, so ist der spätere immer unwirksam, insoferne er nicht einer grösseren Affinität entspricht. Ist der nachträglich zutretende Pollen näher verwandt, so kann er nur wirken, insoferne die Befruchtung durch den entfernterverwandten nicht schon eingetreten ist, wofür bei einzelnen Pflanzen nur eine sehr kurze Frist erfordert wird. Bastardbefruchtung kann bei Nicotiana schon nach 2 Stunden, bei Malva und Hibiscus nach 3, bei Dianthus nach 5—6 Stunden nicht mehr durch den eigenen Pollen verhindert werden.

Wir müssen uns diess folgendermassen erklären. Während die Pollenkörner auf der Narbe in Schläuche auswachsen und diese Schläuche durch den Griffelkanal in die Frucht-

knotenhöhlung und zu den Eichen wandern, gehen Veränderungen in den letztern vor sich. Ihre Keimbläschen sind bei der Ankunft der Pollenschläuche auf die Befruchtung vorbereitet. Tritt letztere nicht ein, so geht die Conceptionsfähigkeit in Folge der eingetretenen Veränderung dennoch verloren. Kommen nun wenig Pollenkörner von grösserer und viele von geringerer Affinität gleichzeitig auf die Narbe, so legen die Pollenschläuche jener den Weg in kürzerer Zeit zurück, und befruchten die entsprechende Zahl Ovula; die übrigen, welche ebenfalls vorbereitet waren, sind dann bei der späteren Ankunft der Pollenschläuche von geringerer Affinität nicht mehr conceptionsfähig. Daher wirkt von mehreren gleichzeitig bestäubenden Pollenarten immer nur die, welche der grössten Verwandtschaft entspricht, auch wenn sie in einer für die Zahl der Ovula ungenügenden Zahl vorhanden ist.

Daraus folgt auch, dass nur Pollen, welcher zur Zeit der gehörigen Entwicklung der weiblichen Organe auf die Narbe kommt, befruchtend wirken kann, und dass aller später zutretende Blüthenstaub unwirksam bleibt. Es giebt nur einen Fall, wo diese Regel eine Ausnahme erfährt. Wenn Pollen von geringer Affinität allein auf die Narbe gelangt, so dringen dessen Schläuche langsam durch den Griffelkanal hinunter. Kommt dann ein wenig später Pollen von grösserer Verwandtschaft (z. B. der eigenen Art) auf die Narbe, so können seine schneller wachsenden Schläuche gleichzeitig mit den vorigen das Ziel erreichen, und es kann ein Theil der Ovula von dem ersten, ein anderer Theil von dem zweiten Pollen befruchtet werden. Es hängt also von sehr bestimmten Verhältnissen der Bestäubungszeiten ab, ob aus einer Blüthe sich nur eine oder zwei Arten von Samen (d. h. Samen von gleicher oder verschiedener männlicher Abstammung) bilden.

6. Die eigenthümliche Wirkung des männlichen Stoffes trifft ausschliesslich das von demselben befruchtete Keimbläschen, und giebt sich daher bloss an dem (im Samen enthaltenen) Embryo und an der daraus erwachsenden Pflanze kund. Die nach der Befruchtung erfolgende Veränderung der Blüthentheile, die Frucht- und Samenbildung ist die nämliche, ob das bestäubende Individuum so oder anders beschaffen ist. Letzteres vermag überhaupt nichts an den systematischen Merkmalen des bestäubten Individuums zu ändern. Die erfolgte hybride Befruchtung kann also nicht schon an der Mutter, sondern erst am Kinde wahrgenommen werden.

Dieser Grundsatz ist durch die künstlichsten Bestäubungen ausnahmslos erwiesen. Alle Veränderungen in der Blüthe, welche auf die Conception folgen, das Welken der Blumenkrone, die Vergrösserung des Kelches, die Ausbildung des Ovariums zur Frucht und der Ovula zu den Samen treten in ganz gleicher Weise ein, die Früchte und Samen sind äusserlich und innerlich ganz gleich beschaffen, ob die Befruchtung durch den Blüthenstaub der eigenen oder einer fremden Art und Varietät erfolgte. Bloss der Keimling, aus dem in der Folge die neue Pflanze sich entwickelt, hat je nach der Natur des Vaters andere Anlagen erhalten.

Gegenüber diesen bestimmten Thatsachen müssen sowohl die älteren gegentheiligen Annahmen als auch ähnliche noch immer bestehende Vermuthungen und unbestimmte Angaben von Gärtnern, Landwirthen und z. Th. auch von Botanikern zurückgewiesen werden. Durch die hybride Befruchtung wird nicht die weibliche Pflanze, sondern nur der Bastard, nicht die Mutter, sondern nur das Kind affizirt. Wir lesen nicht ohne einige Heiterkeit von einem Apfel, der auf der einen Seite süss, auf der andern sauer und nach dem Kochen zur

Hälfte weich und zur Hälfte hart gewesen sein soll, und dessen Ursprung von einer hybridbefruchteten Blüthe abgeleitet wurde. Hat der Apfel wirklich existirt, so war gewiss sein Ursprung ein ganz anderer.

Die Angaben, dass nebeneinander stehende Obstbäume, Getreidearten und andere Kulturgewächse durch gegenseitige Bestäubung sich etwas von ihren Eigenschaften mittheilten, dass die in den botanischen Gärten nebeneinander gepflanzten Perennien gegenseitig einen verändernden Einfluss ausübten und dass dadurch Modifikationen der Kulturexemplare abzuleiten wären, verdienen keine bessere Beurtheilung als jener Apfel, wenn sie auch unsern Glauben etwas harmloser in Anspruch zu nehmen scheinen.

7. Der aus der Vermischung von zwei verschiedenen elterlichen Formen entsprungene Bastard steht in seinen systematischen Merkmalen zwischen denselben. Meistens hält er ziemlich die Mitte; seltener hat er von einer derselben einen überwiegenden Antheil empfangen, so dass er ihr ähnlicher sieht als der andern elterlichen Form. Letzteres tritt bei den Varietätenbastarden auffallender hervor als bei den Artbastarden.

Abgesehen hievon giebt sich der Einfluss der hybriden Zeugung auf doppelte Art kund; entweder stellt jedes Merkmal eine mittlere Bildung dar, oder ein Theil der Merkmale nähert sich der einen, ein anderer der andern Stammform. Im letztern Falle findet die Scheidung oft in der Weise statt, dass die vegetativen Organe (Stengel und Blätter) mehr der einen, die reproduktiven (Blüthen und Früchte) mehr der andern elterlichen Form entsprechen. Im Allgemeinen gehen die Merkmale um so eher unverändert auf den Bastard über, je unwesentlicher sie sind; sie stellen dagegen in Folge von gegensei-

tiger Durchdringung um so eher Mittelbildungen dar, je wichtiger und constanter sie sind. Daher finden wir die elterlichen Charaktere in den Artbastarden eher fusionirt, in den Varietätenbastarden mehr unvermittelt neben einander.

Ob die eine oder andere Stammform bei der Zeugung als Vater mitwirkte, drückt sich in den Merkmalen des Bastards entweder gar nicht oder nur in sehr unbedeutendem Maasse aus. Dagegen bewirkt die Auswechslung von Vater und Mutter eine Modification der innern Eigenschaften des Bastards, welche in der ungleichen Fruchtbarkeit desselben und in der ungleichen Tendenz zum Variiren bei seinen Nachkommen offenbar wird.

Die Aehnlichkeit des Bastards mit den beiden erzeugenden Pflanzenformen ist von verschiedenen Forschern in der abweichendsten Form aufgefasst worden. Diess wird aus zwei Gründen sehr begreiflich. Einmal haben nicht alle Merkmale der Pflanze einen gleichen Werth; der eine Beobachter legt mehr Gewicht auf dieses, der andere auf jenes Merkmal, je nach dem theoretischen Standpunkt, den er bei der Beurtheilung einnimmt. Ferner gestattet die sinnliche Wahrnehmung selbst einen ziemlich weiten Spielraum für abweichende individuelle Ansichten. Dem einen Beobachter fällt mehr dieses Merkmal auf, während jenes zurücktritt; bei dem andern ist das Entgegengesetzte der Fall. Selbst für das nämliche Merkmal kann die Schätzung bei Vergleichung mit den Stammformen durch verschiedene Individuen ungleich ausfallen. — Diese subjectiven Abweichungen betreffend die theoretische Beurtheilung und die sinnliche Wahrnehmung sind immer in Anschlag zu bringen, wenn wir die Angaben der Experimentatoren kritisch prüfen.

Vor allem aus muss die von den früheren Forschern festgehaltene Ansicht, dass zwei befruchtende Arten zugleich

ihre Eigenschaften auf die neue Pflanze übertragen können, aufgegeben werden (vgl.: §. 5). Der Bastard kann nicht, wie Sageret meinte, zwei Väter haben. Es ist daher nicht möglich, dass, wie Kölreuter glaubte, je nach der verschiedenen Mischung des fremden mit dem eigenen Pollen auch verschiedene Grade der „Tinktur", wie er es nannte, erfolgen, d. h. dass die ausschliessliche Einwirkung des fremden Pollens den reinen Bastard, abgestufte Beimengungen von eigenem Pollen dagegen ebenso viele Mittelstadien zwischen demselben und der Mutter hervorbringen. Ebenso wenig ist es möglich, dass nach der Annahme Wiegmann's und Herbert's bei Ausschluss des eigenen Pollens der fremde je nach seiner Menge mehr oder weniger vollkommen einwirke, wobei nur die vollkommenste Einwirkung den reinen Bastard, minder vollkommene Einwirkungen aber Mittelglieder zwischen demselben und der Mutter erzeugten. Die grössere oder geringere Menge des Blüthenstaubs, die Reinheit desselben oder seine Vermischung mit anderem Blüthenstaub kann keinen Einfluss auf die Beschaffenheit des Embryo's haben, weil dieser immer das Produkt des Keimbläschens und eines einzigen, aber auch eines vollständigen Pollenkorns ist.

Die zwei Fragen, auf die es rücksichtlich der Vererbung der Merkmale bei der Bastardbildung ankommt, sind 1) wie verhalten sich die väterliche und die mütterliche Pflanze und 2) wie verhalten sich die beiden sich bastardirenden Arten zu einander?

Rücksichtlich des männlichen und weiblichen Einflusses bei der Befruchtung glaubte man früher, dass nothwendig irgend ein gegensätzliches Moment Platz greifen müsse. Daher die Theorie von Linné, dass die äussern Merkmale wie die Blätter, die Rindengebilde u. s. w. vom Vater, die innern Eigenschaften oder die Fructification von der Mutter herstammen; die Theorie der spätern Systematiker, dass

die Reproductionsorgane wie Blüthenstand, Blüthe, Frucht dem Vater, die vegetativen Organe dagegen wie Wurzel, Stengel und Blätter der Mutter ähnlich seien; die Ansicht von Schiede und Andern, dass der Bastard mehr vom Vater, die Ansicht von Bernhardi und Andern, dass er mehr von der Mutter geerbt habe.

Von besonderer Wichtigkeit und auch allein entscheidend sind in dieser Beziehung die wechselseitigen Bastardirungen oder die sogenannten „Kreuzungen"[9]) wie sie Kölreuter und Gärtner in grösserer Zahl ausgeführt haben. Von zwei Arten A und B wurden einmal A durch B, und ferner B durch A befruchtet, so dass man also zwei Bastarde von der Form B A und A B erhielt. Diese beiden Formen waren in den meisten Versuchen von Kölreuter und von Gärtner einander so gleich, dass eine Verschiedenheit nach der Abstammung nicht zu erkennen war. Bei andern Pflanzen jedoch zeigte sich eine geringe Abweichung, seltener in der Form und Substanz der Blätter, häufiger in der Gestalt und Farbe der Blüthen, wodurch B A sich bestimmt von A B unterscheiden liess. Ein allgemeines Prinzip spricht sich aber dabei nicht aus, und es lässt sich der specifische Einfluss des Vaters und der Mutter nicht bestimmen.[10])

---

9) Gärtner braucht das Wort Kreuzung ausschliesslich in der oben bezeichneten Bedeutung. Der allgemeine Sprachgebrauch dagegen hält es mit Bastardirung synonym. Um Missverständnisse zu vermeiden, bediene ich mich des Ausdrucks wechselseitige Bastardirung, wo es sich um die Erzeugung von zwei Bastarden von der Form A B und B A handelt.

10) Wiederholt hat Regel, der so manche schöne Bastardirung ausgeführt hat, die Theorie ausgesprochen, dass die Bastarde, in denen Arten verschiedener Gattungen sich vereinigt haben, den Gattungstypus der Pflanze annehmen, die den Pollen lieferte. Er stützt sich dabei auf die Versuche, welche er mit Gesneriaceen-Gattungen, ferner mit Aegilops und Triticum angestellt hat. Ich

Damit möchte ich nicht behaupten, dass ein solcher verschiedener Einfluss nicht wirklich bestehe. Die Thierbastarde (Maulthier und Maulesel) weisen ebenfalls darauf hin, und es wurde früher schon hervorgehoben, wie ungleich die sexuelle Affinität sein kann, wenn A oder wenn B als männliche Pflanze functionirt (§. 2). Daher ist es a priori wahrscheinlich, dass innerhalb gewisser Grenzen der Vater immer einen andern Einfluss auf die innere (chemisch-physikalische) Constitution des Keimlings hat, als die Mutter. Aber derselbe drückt sich nicht deutlich in den äusseren Merkmalen aus, oder wir sind wenigstens noch nicht im Stand, ihn hier zu erkennen. Dass er wirklich vorhanden sei, wird durch die ungleiche Fruchtbarkeit der wechselseitigen Bastarde und durch das Verhalten ihrer ferneren Generationen bewiesen, welche eine ungleiche Neigung zum Variiren haben.

---

vermisse aber das einzige Criterium, welches zu dieser Annahme berechtigte, nämlich die wechselseitige Bastardirung der beiden Gattungen. Angenommen, es hätte wirklich der Bastard, welcher aus der Befruchtung von Aegilops durch Pollen von Triticum erhalten wird, die Gattungsmerkmale von Triticum, so wäre noch zu entscheiden, ob er diess der Einwirkung des Vaters oder dem typischen Einfluss von Triticum verdanke. Der einzige Versuch, der darüber Aufschluss gäbe, wäre die Befruchtung von Triticum durch Aegilops. Wenn die Theorie von Regel wirklich Grund hätte, so müsste die letztere Verbindung den Gattungstypus von Aegilops zeigen, und überhaupt von dem erstgenannten wesentlich verschieden sein. Wir müssen hieran zweifeln, bis der faktische Beweis vorliegt. Alle Versuche von Kölreuter, Gärtner und Wichura sprechen dagegen. Der erstere spricht wiederholt aus, dass die Bastarde A B und B A sich so ähnlich sehen „wie ein Ei dem andern". Gärtner sagt ebenfalls, dass die geübtesten Kenner sie nicht zu unterscheiden vermöchten, und führt als ein „sehr charakteristisches Beispiel" den Bastard von zwei Gattungen an, nämlich von Silene viscosa Pers. und Lychnis diurna Sibth.

Die ungleiche Fruchtbarkeit der wechselseitigen Bastarde AB und BA steht im Zusammenhang mit der verschiedenen sexuellen Affinität, welche die männlichen Organe A zu den weiblichen B und die weiblichen Organe B zu den männlichen A haben. In den Versuchen Gärtner's gaben 44 Blüthen von Nicotiana rustica Lin., welche durch N. paniculata Lin. befruchtet wurden, 38 Kapseln jede mit einer mittelmässigen Menge von Samen. Dagegen gaben 62 Blüthen von N. paniculata, bestäubt mit dem Pollen von N. rustica, nur 17 Kapseln und diese mit spärlichen Samen. Der Bastard N. paniculato-rustica (worin N. paniculata als Vater, N. rustica als Mutter vertreten ist) entspricht also der grössern, N. rustico-paniculata der geringern sexuellen Affinität. Jener ist nach Gärtner's Angabe fruchtbarer, als dieser.

Ich werde später (§. 9) von dem Variiren der Bastarde sprechen, und erwähne hier nur, dass A B und B A, obgleich sie äusserlich von einander nicht zu unterscheiden sind, doch in ihrer Nachkommenschaft sich verschieden verhalten können. Wären A B und B A wirklich identisch, so müssten bei Selbstbestäubung auch ihre folgenden Generationen identisch sein. Nun geschieht es aber zuweilen, dass A B geneigter ist, Varietäten zu bilden, als B A. So ist nach Gärtner die Nachkommenschaft von Digitalis purpureo-lutea variabler als diejenige von D. luteo-purpurea, diejenige von Dianthus pulchello-arenarius variabler als von D. arenario-pulchellus etc. Weitere Thatsachen betreffend die Verschiedenheit der wechselseitigen Bastarde mit Rücksicht auf Fruchtbarkeit und Variabilität der Nachkommenschaft werde ich bei den zusammengesetzten Bastarden in der folgenden Mittheilung anzuführen Gelegenheit haben.

Was den Einfluss der beiden Stammformen betrifft, so scheint derselbe bald vollkommen gleich zu sein, und der

Bastard genau die Mitte zwischen ihnen zu halten; — bald wirkt die eine bei dem Zeugungsakt mit grösserer Energie und der Bastard wird ihr etwas ähnlicher, als der andern Stammform. — Die letztere Thatsache hat zu den unrichtigen Deutungen Veranlassung gegeben, es erbe der Bastard mehr von dem Vater oder von der Mutter, oder es habe bei seiner Erzeugung eine grössere oder geringere Menge Blüthenstaub mitgewirkt, oder es seien die Sexualorgane der einen oder andern elterlichen Pflanze in einem geschwächten Zustande gewesen. Die Unrichtigkeit aller dieser Theorieen wird durch die Thatsache widerlegt, dass wenn der Bastard A B eine grössere Aehnlichkeit mit B hat, diese grössere Aehnlichkeit auch der umgekehrten Verbindung B A zukommt. Hier übte also B einen überwiegenden oder typischen Einfluss aus. Diess liegt offenbar in der spezifischen Natur von A und B und lässt sich nicht weiter erklären.

Mit Unrecht, wie mir scheint, hat Wichura neuerdings die Möglichkeit des typischen Einflusses einer der beiden Stammformen bestritten. Er stützt sich auf die Thatsache, dass bei den Salices die Bastarde immer genau mittlere Bildungen seien, und vermuthet, man könnte sich in der Schätzung der Aehnlichkeit bei andern Gattungen geirrt haben. Es ist nun ein sehr missliches Ding, sich über die Glaubwürdigkeit und Urtheilsfähigkeit Anderer zu streiten. Wir müssten sie jedenfalls gering anschlagen, wenn Alles, was besonders von Kölreuter und Gärtner über die stärkere Einwirkung einzelner Arten berichtet wird, ins Gebiet der Täuschungen gehören sollte[11]). Doch kann ich um

---

11) Damit will ich keineswegs sagen, dass Alles was von den verschiedenen Experimentatoren in dieser Beziehung angeführt wurde, auf Treu und Glauben anzunehmen sei. Denn es ist darin wirklich das Unglaubliche geschehen. Man hat durch künstliche Bestäubung

[redacted]

so eher über diese Frage hinweggehen, als es eine Thatsache giebt, welche für einzelne Fälle einen mathematischen Beweis liefert.

Die Speciesbastarde werden durch wiederholte Befruchtung mit einer der beiden Stammarten in diese zurückgeführt. Hält ein Bastard genau die Mitte, so bedarf es einer gleichen Zahl von Generationen, um ihn in die eine oder andere Stammart zu verwandeln; durchschnittlich werden dazu 5 Generationen erfordert. Hält er nicht die Mitte, so langt er nach einer geringern Zahl von Generationen bei der Species mit dem überwiegenden Einfluss an. Gärtner führt mehrere Beispiele an, wo der Bastard A + B eine Generation weniger bedurfte, um in A als um in B überzugehen. Bei einzelnen betrug die Differenz 2 Generationen. Der Bastard von Dianthus chinensis Lin. und D. Caryophyllus Lin. verwandelte sich bei wiederholter Befruchtung mit D. Caryophyllus nach der 3. bis 4. Generation in D. Caryophyllus, bei wiederholter Befruchtung mit D. chinensis nach der 5. bis 6. Generation in D. chinensis. Ebenso gieng der Bastard von Dianthus barbatus Lin. und D. superbus Lin. nach der 3. bis 4. Generation in D. superbus, nach der 5. bis 6. Generation in D. barba-

---

zwischen weit verschiedenen Arten der gleichen Gattung oder zwischen verschiedenen Gattungen Bastarde erhalten haben wollen, wo eine hybride Befruchtung unmöglich ist. Man hat dabei leichte Abweichungen oder auch zufällige Abnormitäten, die durch Selbstbefruchtung entstanden waren, für die Bastarde angesehen. Aber wenn sich auch Einzelne durch ein völlig kritikloses Verfahren solcher grober Täuschungen schuldig machten, dürfen wir dasselbe nicht bei allen Forschern voraussetzen, namentlich nicht bei Kölreuter und Gärtner, welche sich des Grundsatzes, dass der Bastard eine nahezu mittlere Bildung sein müsse, vollkommen bewusst waren.

tus über[12]). Diess ist ein unwiderleglicher Beweis, dass Dianthus Caryophyllus gegenüber von D. chinensis und Dianthus superbus gegenüber von D. barbatus bei der hybriden Befruchtung einen überwiegenden Einfluss auszuüben vermag. — Ich werde bei den zusammengesetzten Bastarden noch ausführlicher auf diesen Punkt zurückkommen, und nachweisen, wie sich der verhältnissmässige Antheil berechnen lässt, den zwei Arten an der Bildung eines Bastards haben. Für einige extreme Fälle verhält sich ihr Einfluss wie 1 : 2, für andere wie 1 : $^{3}/_{2}$, 1 : $^{4}/_{3}$ u. s. w.

Wenn es sicher ist, dass bei der Bastardbildung in einzelnen Fällen die eine Stammform sich wirksamer betheiligt als die andere, so lässt sich mit Grund fragen, ob jemals der Bastard von seinen Eltern mathematisch gleich viel erbe, ob nicht immer die eine oder andere elterliche Form ein Uebergewicht habe. Diess ist allerdings wahrscheinlich; allein es mangeln noch die Thatsachen, welche die Frage in der einen oder andern Richtung entscheiden könnten.

Die Merkmale der Stammformen werden in der Regel so auf den Bastard übergetragen, dass in jedem einzelnen sich der beiderseitige Einfluss kundgibt. Es geht nicht etwa die eine Eigenschaft unverändert von dieser, eine andere unverändert von der andern Stammform über; sondern es findet eine Durchdringung der väterlichen und der mütterlichen Eigenthümlichkeit, eine Vermittlung zwischen ihren Charakteren statt. Diese Regel hat um so uneingeschränktere Gültigkeit, je weiter die sich bastardirenden Stammformen von einander entfernt und je wichtiger und constanter die betreffenden Merkmale sind. Bei den Speciesbastarden findet daher eine vollständigere und allseitigere Vermittelung statt

12) Der ursprüngliche Bastard wurde als erste Generation angenommen.

als bei den Varietätenbastarden, bei unwesentlichen Eigenschaften (Farbe, Behaarung etc.) weniger als bei andern.

In dieser Weise dürften sich die widersprechenden Ansichten der Experimentatoren erklären. Es wurde hier, wie in allen übrigen Gebieten der Lehre von der Bastardbildung, der Fehler begangen, dass man von den wenigen und einseitigen Erfahrungen, die man selbst gemacht hatte, allgemeine Regeln ableitete, ohne die zahlreichen Erfahrungen der übrigen Forscher zu berücksichtigen.

Diejenigen, welche vorzugsweise oder ausschliesslich Varietäten bastardirten oder bei der Beurtheilung der Bastarde ihr Augenmerk auf Varietätsmerkmale richteten, sind der Ansicht, dass die Eigenschaften unverändert übergetragen werden. So sagt Sageret ausdrücklich, es finde in der Regel eine Vertheilung der elterlichen Charaktere im Bastard, nicht eine Fusion derselben statt. Er führt als Analogon an, dass beim Menschen das Kind von allen äussern und innern Eigenschaften (Farbe der Haare und der Augen, Nase, Ohren, Wuchs, geistige und Gemüthsanlagen, Krankheitsanlagen etc.) die einen vom Vater, die andern von der Mutter erbe. Ein Bastard, den Sageret aus der Befruchtung der Cucumis Chate Lin. durch die Cantalupmelone[13]) (Cucumis Melo Cantalupus) mit netzförmiger Schale erhalten hatte, besass gelbes Fruchtfleisch, netzförmige Zeichnung, ziemlich starke Rippen wie der Vater, weisse Samen und sauren Geschmack wie die Mutter. Ein anderer hatte den süssen Geschmack und das gelbliche Fruchtfleisch des Vaters, die weissen Samen und die glatte unberippte Oberfläche der Mutter.

Selbst in den gleichen Organen können die elterlichen Eigenschaften unvermischt neben einander liegen, wie das

13) Beide sind nach Naudin Varietäten derselben Art.

vorzugsweise an den Farben der Blüthen auch wohl der Früchte beobachtet wird. Schöne Beispiele sind die gestreiften und getupften Blumenblätter der Bastardvarietäten, die blau- und weissgestreiften Weinbeeren u. s. w.

Die Regel aber ist, dass die Eigenschaften des Vaters und der Mutter sich combiniren und durchdringen, wodurch eine neue eigenthümliche, mehr oder weniger die Mitte haltende Eigenschaft entsteht. Die Art und Weise, wie die Vereinigung erfolgt, lässt sich zum voraus nicht bestimmen. Jedenfalls ist es keine Juxtaposition, wie einige Autoren irrthümlich meinten. Gelbe und blaue Blumen geben nicht eine grüne Farbe, wie man erwartete. — Kölreuter legte die Blumenblätter der väterlichen und mütterlichen Pflanze auf einander und hielt sie gegen das Licht, um zu erfahren, was für eine Farbe der Bastard haben würde. Klotzsch verspeiste einen ausgezeichneten Apfel und eine Birne ersten Ranges zu gleichen Theilen, und da ihm diess nicht munden wollte, so erklärte er, es dürfte sich keineswegs lohnen, den Birnbaum und den Apfelbaum mit einander zu verbinden. Es ist nicht nöthig auszuführen, wie sehr eine solche Methode gegen die Erfahrung und gegen die Grundsätze der Physiologie verstösst.[14])

Daraus dass die väterliche und die mütterliche Eigenthümlichkeit im Bastard sich durchdringen und durch Fusion

---

14) Was die noch unbekannten Birnäpfel oder Apfelbirnen betrifft, so können wir nur mit Sicherheit sagen, dass sie etwas ganz anderes sein würden als Klotzsch vermuthete. Aber von ihrem Geschmack haben wir keine Ahnung. Die Vereinigung wäre einer der schönsten Erfolge der Kultur und müsste bei fortgesetzten Versuchen mit verschiedenen Varietäten gelingen, da die Erfahrungen von Kölreuter und von Gärtner ergeben haben, dass die Varietäten einer Species eine ganz ungleiche sexuelle Verwandtschaft zu einer andern Species haben können.

zu einer mittlern Eigenschaft werden, folgt aber nicht, dass der Antheil von beiden Seiten der gleiche sein müsse. Vielmehr kann jedes einzelne Merkmal des Bastards von der einen oder andern Stammform ein grösseres Maass aufnehmen, und somit ihr ähnlicher werden. Wenn wir uns in diesem Falle etwa so ausdrücken, es habe der Bastard die Blätter von A, die Blüthen von B geerbt, so ist diess nur bildlich aufzufassen, es heisst weiter nichts, als dass Blätter und Blüthen nicht die genaue Mitte halten, sondern sich einer Stammform mehr nähern.

Eine hybride Pflanze, welche von den beiden Stammformen A und B im Ganzen gleich viel geerbt hat, kann entweder in allen ihren Organen zwischen beiden ziemlich genau die Mitte halten, oder sie kann in den einen sich mehr zu A, in den andern mehr zu B hinneigen. Ein anderer Bastard, auf welchen die eine Stammform (A) einen typischen Einfluss ausgeübt hat, kann entweder in allen Merkmalen eine gleiche Annäherung von A zeigen; oder es können die einen Merkmale sich der Form A in grösserem, die andern in geringerem Maasse nähern; die letztern können nach Umständen genau die Mitte zwischen A und B halten oder auch von dieser Mitte etwas nach B hin abweichen.

8. Die Regel, dass die Eigenschaften der Bastardpflanze zwischen den entsprechenden der Stammformen sich bewegen, gilt nicht in aller Strenge. Einerseits können, vermöge der individuellen Veränderung, einzelne Merkmale etwas über diese Grenze hinausgreifen, was um so eher eintrifft, je näher sich die Stammformen stehen, also am ehesten bei den Bastarden von wenig ververschiedenen Varietäten. Anderseits erhält die Abweichung von der Regel bei den Artbastarden einen bestimmten allgemeinen Charakter durch den Umstand, dass die Bastarde der näher verwandten

Arten in den Fortpflanzungsorganen geschwächt sind, in den vegetativen Organen aber luxuriren, und dass die Bastarde der entfernteren Arten in allen Theilen kümmerlich sich entwickeln und aus Mangel an Energie des Lebensprocesses bald zu Grunde gehen.

Man könnte erwarten, dass wenn zwei Formen A und B mit einander sich bastardiren, der Sprössling AB oder BA mit seinen Eigenschaften zwischen die Grenzen A und B gebannt sei. Diess kann am besten in folgender Weise anschaulich gemacht werden. Jede Eigenschaft in den beiderseitigen Eltern lässt sich durch zwei Zahlen ausdrücken. Es entspreche z. B. der Kieselgehalt in einem Organ, oder die Menge des Imbibitionswassers in den Membranen eines Gewebes, oder die Theilung eines Blattes, die Behaarung auf demselben, die Länge der Stengelinternodien, die Zahl derselben, die Verzweigung oder irgend eine andere Eigenschaft bei A der Zahl 15, bei B der Zahl 24, so wird in dem Bastard die gleiche Eigenschaft irgend einer Zahl, die zwischen 15 und 24 sich befindet, entsprechen. Diess ist eine natürliche Folge der bewirkenden Ursachen und im Allgemeinen trifft es auch immer ein. Denn würde die Intensität der Eigenschaft auf 24 steigen oder auf 15 sinken, so müsste die Einwirkung der einen Stammform in dieser Beziehung Null sein, was an sich unwahrscheinlich ist. Noch unwahrscheinlicher aber ist es, dass das Symbol der Eigenschaft eine Zahl über 24 oder unter 15 werde.

Dennoch wäre der Schluss, es dürfe die einzelne Eigenschaft des Bastards in keinem Falle über die Stammformen hinausgehen, in dem angeführten Beispiel nicht mehr als 24 und nicht weniger als 15 betragen, schon a priori nicht gerechtfertigt. Wir können bloss sagen, der Bastard AB oder BA müsse als Ganzes mit seinen innern Eigenschaften oder Anlagen, die er von den Eltern geerbt hat,

[redacted]

zwischen denselben sich halten. Der Organismus ist aber so complizirt, die Einwirkungen der Eigenschaften auf einander sind so mannigfaltig, dass in Folge davon eine einzelne besonders hervortreten, eine andere zurückweichen kann, ohne dass das Gesetz im Allgemeinen beeinträchtigt wird. Die Abweichung von der Regel, nach welcher auch jede einzelne Erscheinung sich als Zwischenbildung kundgeben sollte, trifft daher vorzugsweise in der Weise ein, dass die einen Functionen des Organismus gefördert, die andern geschwächt sind, dass also einzelne Organe in ihrer Grösse und Zahl, dass einzelne Stoffe in ihrer Menge über die Eltern hinausgehen, andere hinter denselben zurückbleiben.

Dieses Hinausgreifen des Bastards über die Stammformen ist häufig individueller Natur; es kommt nicht der Bastardform, sondern der einzelnen Pflanze zu, und kann in den einen Individuen in dieser, in den andern in jener Richtung erfolgen. Diess hängt mit dem Umstand zusammen, dass die hybriden Pflanzen eine grosse Neigung zum Variiren haben (vgl. §. 9). Es ist an und für sich klar, dass das individuelle Hinausgreifen um so eher eintreten kann, je näher die Stammformen mit einander verwandt sind, denn die Individualität vermag sich innerhalb enger Grenzen eher Geltung zu verschaffen, während sie gegenüber von grossen Verschiedenheiten verschwindet. Die Erfahrung bestätigt diess vollkommen. Wenn zwei nahe stehende Varietäten A und B mit einander verbunden werden, so erhält man eine formenreiche hybride Nachkommenschaft, von welcher einzelne Individuen in der einen oder andern Richtung über A oder B hinausgehen. Seltener wird diese Erscheinung bei den Artbastarden beobachtet.

Zuweilen kommt die Eigenschaft, über die Eltern hinaus zu gehen, auch dem Varietätenbastard als Form, d. h. allen Individuen desselben gleichmässig zu, und besteht

darin, dass sowohl die Vegetation als die Reproduction gesteigert sind. Doch sind es vorzugsweise die Speciesbastarde, welche ein allgemeines Ueberschreiten der in den Eltern gegebenen Grenzen sowohl nach oben als nach unten vollziehen; und zwar leisten sie im Allgemeinen in den vegetativen Functionen mehr, in den reproduktiven weniger als ihre Stammarten.

Wachsthum und Entwicklung des Individuums ist bei den Speciesbastarden besonders angeregt. Dieselben werden häufig grösser als ihre beiden Eltern; sie bilden mehr und grössere Blätter; der Stengel erhebt sich höher und verzweigt sich stärker; die Bewurzelung ist reicher. Es werden mehr Knospen angelegt und entwickelt, die Vermehrung durch Sprossung geht lebhafter vor sich und bewirkt mit grosser Leichtigkeit eine Vervielfältigung durch Stolonen, Ableger u. dgl. Die Bastarde haben ferner die Neigung, eine längere Dauer anzunehmen, aus einjährigen Gewächsen zweijährige, aus zweijährigen mehrjährige und aus mehrjährigen vieljährige zu werden. Ihre Natur ist etwas härter als die der Stammarten und erträgt ein etwas kälteres und rauheres Klima. Zu den vegetativen Erscheinungen müssen wir auch den Blüthenstand mit den Hochblättern und die Blüthendecke (Kelch und Krone) rechnen; denn nur die Staubgefässe und Stempel sind eigentlich bei der Fortpflanzung betheiligt. Die Bastarde zeichnen sich nun namentlich auch dadurch aus, dass sie früher zu blühen anfangen, dass sie es länger und reichlicher thun als beide Stammarten. Der Bastard von Pflanzen, die erst im zweiten Jahre blühen, blüht meistens schon im ersten; derjenige von Pflanzen, die erst nach einer Reihe von Jahren zur Blüthenbildung gelangen, kommt schon einige Jahre früher dazu. Auch mit Rücksicht auf die einzelne Vegetationsperiode gilt die Regel, dass die Bastarde früher im Jahr zu blühen anfangen und länger in den Herbst hinein zu blühen fort-

fahren. Ueberhaupt bilden dieselben oft eine ganz ausserordentliche Menge von Blüthen, welche zudem grösser, manchmal auch wohlriechender und intensiver gefärbt sind, und von denen jede einzelne länger dauert, z. B. mehrere Tage, wenn die Blüthen der Stammarten schon nach dem ersten Tage welken (in dieser Beziehung verhalten sie sich wie kastrirte Blüthen). Der Bastard einer rothblühenden und einer weissblühenden, oder einer gelben und einer weissen Species hat nicht selten dunkelrothe oder dunkelgelbe Blumenkronen. Auch die Zahl der Blumenblätter nimmt leicht zu. Hat die eine Stammart A gefüllte, die andere B einfache Blüthen, so ist fast ohne Ausnahme die hybride Verbindung ebenfalls gefüllt und zuweilen selbst stärker gefüllt als A. Ein erster Schritt zur Füllung der Blüthen besteht in der Vermehrung der Fortpflanzungsorgane, welche dabei unfruchtbar werden. So haben die Dianthus-Bastarde zuweilen 11 (statt 10), die Verbascum-Bastarde 6 (statt 5) Staubgefässe. Ebenso ist oft die Zahl der Griffel vermehrt.

Die Speciesbastarde zeigen also in der ganzen vegetativen Sphäre im weitesten Sinne d. h. in der Assimilation und in der Gestaltung der gebildeten Stoffe zu Organen eine auffallende Neigung zum Luxuriren; sie greifen in dieser Beziehung gewöhnlich über die beiden Stammarten hinaus. Dafür ist die eigentlich reproductive Sphäre im engsten Sinne auffallend geschwächt; die Bastarde bleiben hierin hinter den beiden Eltern zurück. Die Staubgefässe sind bei den einen äusserlich zwar vollkommen ausgebildet, aber ganz oder theilweise unfruchtbar, indem die Pollenkörner nicht die gehörige Ausbildung erreichen. Bei andern sind die ganzen Staubgefässe verkümmert und auf ein kleines Rudiment reduzirt. — Die Stempel der Bastarde lassen sich in den meisten Fällen äusserlich von den Stempeln der elterlichen Arten nicht unterscheiden, aber ihre Ovula haben

keine oder nur eine geringe Conceptionsfähigkeit. Es werden keine Keimbläschen gebildet, oder der Embryo, der aus den Keimbläschen sich zu entwickeln beginnt, stirbt früher oder später ab. Im günstigsten Falle, wenn keimfähige Samen gebildet werden, so sind sie in geringerer Menge vorhanden und sie bekunden in der langsamern Keimung und in der kürzern Dauer der Keimfähigkeit eine gewisse Schwäche.

Das soeben beschriebene Verhalten ist vorzugsweise den Bastarden eigen, welche von näher verwandten Arten herstammen. Es giebt andere, bei denen nicht bloss die Geschlechtsorgane gänzlich unfruchtbar sind, sondern auch die vegetative Sphäre auffallend geschwächt ist. Die Pflanzen bleiben klein, sie entwickeln sich langsam und kümmerlich, bringen auch weniger Blüthen hervor; sie ertragen äussere schädliche Einwirkungen weniger gut, werden also durch Frost oder trockene Hitze leichter getödtet, und erreichen lange nicht das Alter der Stammarten. Ueberdem zeigen sich zuweilen bemerkenswerthe Unregelmässigkeiten und Abnormitäten, namentlich in der Formbildung. Diese Bastarde bleiben also nicht bloss in der Reproduktion, sondern auch in der Vegetation hinter den beiden Eltern zurück; sie stammen immer von Arten ab, welche in ihrer Verwandtschaft weiter von einander abstehen.

9. Im Allgemeinen variiren die Bastarde in der ersten Generation um so weniger, je weiter die elterlichen Formen in der Verwandtschaft von einander entfernt sind, also die Artbastarde weniger als die Varietätenbastarde; jene zeichnen sich oft durch eine grosse Einförmigkeit, diese durch eine grosse Vielförmigkeit aus. Wenn die Bastarde sich selbst befruchten, so vermehrt sich die Variabilität in der zweiten und den folgenden Generationen um so mehr, je vollständiger sie in der ersten mangelte;

und zwar treten um so sicherer, je weiter die Stammformen aus einander liegen, drei entschiedene Varietäten auf, eine die dem ursprünglichen Typus entspricht, und zwei andere, die den Stammformen ähnlicher sind. Diese Varietäten haben aber, wenigstens in den nächsten Generationen, wenig Constanz; sie verwandeln sich leicht in einander. Ein wirkliches Zurückschlagen zu einer der beiden Stammformen (bei reiner Inzucht) findet vorzüglich dann statt, wenn die Stammformen sehr nahe verwandt sind, also bei den Bastarden der Varietäten und der varietätenähnlichen Arten. Wenn es bei andern Speciesbastarden vorkommt, so scheint es auf diejenigen Fälle beschränkt zu sein, wo eine Art einen überwiegenden Einfluss bei der hybriden Befruchtung ausgeübt hat.

Die Variabilität der Bastarde, d. h. die Mannigfaltigkeit der Formen, welche der nämlichen Generation angehören, und ihr Verhalten bei einmaliger oder wiederholter Fortpflanzung durch Selbstbefruchtung bilden zwei Punkte der Bastardirungslehre, welche noch am wenigsten festgestellt sind, und welche auch am wenigsten festen Regeln unterworfen zu sein scheinen.

Die Bastarde der Varietäten sind überaus zum Variiren geneigt. Wenn eine Varietät von einer andern befruchtet wird, so ist die Nachkommenschaft oft so mannigfaltig und formenreich, dass keine Pflanze der andern vollkommen ähnlich sieht. Daher wird die hybride Bestäubung innerhalb der Species von den Gärtnern häufig angewendet, um neue Formen zu erhalten. Pflanzt sich der Varietätenbastard durch Inzucht fort, so vermehrt sich die Veränderlichkeit noch in den folgenden Generationen; zugleich kehren aber manche Individuen zu den Stammvarietäten zurück. Die Bastardform artet aus, wie die Gärtner sagen.

Diess gilt aber nicht für alle Varietätenbastarde. Es giebt auch solche, die in der ersten Generation noch einförmig sind und erst in den folgenden variabel werden, und solche, die durch mehrere Generationen hindurch ihre Einförmigkeit bewahren.

Unter den Artbastarden giebt es auch solche, die schon in der ersten Generation eine merkliche Variabilität zeigen. Es sind diess besonders diejenigen, welche von sehr nahe verwandten Arten abstammen, so der Bastard von Lychnis diurna Sibth. und L. vespertina Sibth.

Die geringste Veränderlichkeit findet man in der Regel bei den Bastarden derjenigen Stammarten, welche eine geringe gegenseitige Verwandtschaft besitzen. Sind dieselben fruchtbar, so erzeugen sie eine Nachkommenschaft mit grösserer Vielförmigkeit, die in den folgenden Generationen sich steigern kann. Die Veränderung trifft zunächst die Blüthen, dann aber auch die andern Organe und den ganzen Habitus. Es bilden sich Varietäten. Unter denselben behält eine den (mittlern) Typus der ursprünglichen Bastardform (A + B), eine zweite nähert sich der einen Stammart (A), eine dritte der andern Stammart (B). Die eine der beiden letztern kann ausbleiben, wohl auch alle beide. Im letztern Falle bleibt die ursprüngliche Bastardform einförmig und constant. Diess beobachtet man z. B. an einigen sehr fruchtbaren Dianthusbastarden.

Wenn ein Artbastard in der zweiten Generation mit einigen Individuen sich mehr der einen Stammart (A) genähert hat, so können die Nachkommen derselben (dritte Generation) dieser Stammart A noch mehr ähnlich sein. Sie können aber auch wieder zum ursprünglichen Typus (A + B) zurückkehren, oder in seltenern Fällen selbst in das Gegentheil umschlagen, d. h. sie können der andern Stammart (B) sich nähern.

Es kommt auch vor, dass schon in der ersten Generation

[redacted]

neben der ursprünglichen und normalen Bastardform (A + B) eine Varietät auftritt, welche sich der einen oder andern Stammart (A oder B) nähert. Gärtner hat sie als Ausnahmstypus bezeichnet. Die Individuen, die diesem Ausnahmstypus angehören, sind stets in sehr geringer Menge vorhanden; sie kommen, wenn zwei Arten mit einander befruchtet werden, das eine Mal vor und bleiben ein anderes Mal aus. Wenn die normale Bastardform der einen Stammart (A) ähnlicher ist, so gleicht der Ausnahmstypus mehr der andern (B). Manchmal hat er kleinere Blumen als die Stammarten, während der normale Bastardtypus grössere Blumen zeigt. Die Ausnahmstypen unterscheiden sich von den normalen Bastardformen auch durch grössere Unfruchtbarkeit. Uebrigens sind sie eine so normale und constante Bildung wie diese, indem sie sich bei den hybriden Verbindungen der nämlichen Stammarten immer in der gleichen Weise wiederholen.

Die Ausnahmstypen gehen, wenn sie fruchtbar sind, in der zweiten Generation gewöhnlich in den normalen Typus über. Sie können aber in den folgenden Generationen wieder zum Vorschein kommen. Zuweilen bilden sie sich erst in der zweiten Generation, statt schon in der ersten. Dann unterscheidet sich der Ausnahmstypus in nichts mehr von der Varietätenbildung, von der ich schon gesprochen habe [15]).

Wie man bei den Artbastarden rücksichtlich der Form-

15) Wichura bezweifelt das Vorkommen der Ausnahmstypen, welche er bei den Weidenbastarden nicht beobachtete, indem er den Verdacht hegt, es möchte die Absperrung der Pflanzen nicht vollständig, oder der zur Befruchtung benützte Pollen nicht rein oder die ausgesäeten Samen nicht frei von fremder Beimischung gewesen sein. Mir scheint dieser Verdacht gegenüber von Gärtner, der so viele Bastardirungen ausführte, der alle zu ergreifenden Vorsichtsmassregeln kannte und, um seiner Sache sicher zu sein, alle, auch

bildung 3 Varietäten unterscheidet, so giebt es zuweilen auch 3 verschiedene, denselben entsprechende Grade der Fruchtbarkeit. In der Regel scheint diejenige Varietät, welche dem normalen Typus entspricht, eine mittlere, von den beiden andern, den Stammarten ähnlichen Varietäten aber die eine eine grössere, die andere eine geringere Fruchtbarkeit zu besitzen. Doch giebt es hierin viele Modificationen.

Die Artbastarde nähern sich, wie wir eben gesehen haben, im Laufe der Generationen in einzelnen Varietäten den Stammarten. Ob sie dieselben aber wirklich erreichen und ob sie somit, wie man sagt, zurückschlagen können, bedarf noch sehr der Bestätigung. Bei den Varietätenbastarden ist das vollkommene Zurückkehren allerdings Thatsache; es erfolgt unregelmässig und sprungsweise. Bei den Speciesbastarden wird ein unregelmässiges und sprungweises Umschlagen ihrer Varietäten in einander beobachtet. Von einer constanten Annäherung an eine Stammart durch eine Reihe von Generationen ist jedenfalls keine Rede. Uebrigens wird von Gärtner das Zurückschlagen auch

---

die unbedeutendsten Verrichtungen mit eigener Hand ausführte, ungegründet.

Ferner sprechen die objektiven Thatsachen gegen den erhobenen Zweifel. Er wäre gegründet, wenn unter den Pflanzen der Bastardform AB eine Pflanze B oder ein Bastard CB aufgegangen wäre. Wo sollte aber eine hybride Form, die zwischen AB und A oder zwischen AB und B steht, kommen? Ferner wurde aus dieser Form in der zweiten Generation oft wieder der normale Bastardtypus AB erhalten, was mit Sicherheit auf ihren Ursprung aus A und B hinweist. — Endlich spricht schon a priori die Wahrscheinlichkeit für die Darstellung Gärtner's. Der Ausnahmstypus ist, wie ich oben sagte, nichts anderes als eine Varietät des Bastards. Letzterer bildet aber, wie auch Wichura annimmt, in der zweiten oder dritten Generation Varietäten. Es liegt nun nicht weit ab, dass die Varietätbildung ausnahmsweise schon in der ersten Generation zum Vorschein komme.

[redacted]

bloss als eine ausnahmsweise Erscheinung behauptet, die nur wenige Artbastarde und bei diesen selbst nur wenige Individuen treffe.

Von den neuern Experimentatoren wird viel von diesem Zurückgehen gesprochen, aber dabei gewöhnlich keine Rücksicht darauf genommen, ob der Bastard sich selbst befruchtet habe, oder ob er von einer Stammart befruchtet worden sei. Um die Selbstbefruchtung der hybriden Pflanze zu sichern, werden ganz besondere Vorsichtsmassregeln erfordert. Es genügt nicht, dass man dieselbe in einer Ecke des Gartens isolire; die blüthenbesuchenden Insekten werden immer Pollen der Stammarten, wenn dieselben in einem andern Theil des Gartens blühen, herbeibringen. Ist man aber der Selbstbefruchtung sicher, so genügt es ferner abermals nicht, zu constatiren, dass die Aussaat Pflanzen giebt, die einer Stammart sehr ähnlich sehen. Man muss diese scheinbar zurückkehrende Varietät durch fernere Generationen beobachten, wobei sich leicht ergeben dürfte, dass sie, statt vollends zu der Stammart, wieder zum ursprünglichen Bastard zurückgeht.

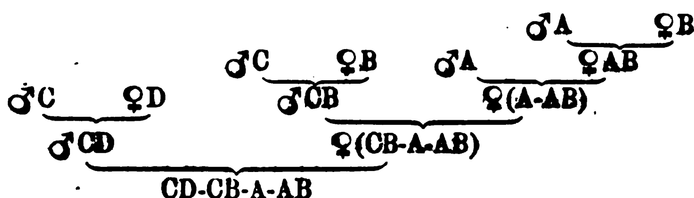
21. Ueber die abgeleiteten Pflanzenbastarde.

(Vorgetragen den 13. Januar 1866.)

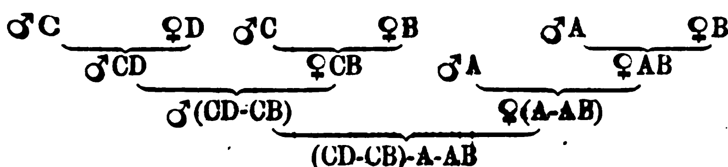
In meiner Mittheilung vom 15. Dezember 1865 über die Bastardbildung im Pflanzenreiche habe ich von den hybriden Formen gesprochen, welche unmittelbar aus den reinen Arten und Varietäten hervorgehen und nur insofern es nothwendig war, um die Eigenschaften dieser Hybriden besser ins Licht zu stellen, habe ich hie und da auch ihrer Abkömmlinge erwähnt. Die Fortpflanzung der Bastarde, vorzüglich die Verbindung derselben mit ihnen ungleichen Formen und das Verhalten ihrer Nachkommen, bietet einige interessante Verhältnisse dar, welche das Bild der hybriden Befruchtung vervollständigen. Diese Nachkommen der Bastarde bezeichne ich im Allgemeinen als **abgeleitete Bastarde**, gegenüber jenen **ursprünglichen**, welche bloss reine Formen als Eltern haben. Ich werde mich übrigens hier ausschliesslich an die aus Speciesbastarden abgeleiteten Formen halten, indem man über die Nachkommenschaft der Varietätenbastarde allzu wenig Sicheres weiss.

Da die vegetabilischen Artbastarde meistens zeugungsfähig und conceptionsfähig sind, so wurde die Paarung derselben mit ungleichen Formen sehr häufig ausgeführt. Vorzüglich wurde dazu eine der beiden Stammarten benutzt. Es hat aber auch schon **Kölreuter** in einem einzigen Bastarde 3, **Gärtner** 4 und endlich **Wichura** selbst 6 verschiedene Arten vereinigt. Man hat die Paarungen der abgeleiteten Bastarde mit reinen Arten, ursprünglichen und abgeleiteten Bastarden durch mehrere Generationen in manigfaltigen Combinationen und Verschlingungen fortgesetzt. Leider ist aber nicht zu läugnen, dass die Versuche oft mehr aus wissenschaftlicher Neugierde, ob eine neue Combination wohl gelingen und welches Produkt sie liefern werde, als nach einem bewussten wissenschaftlichen Plane

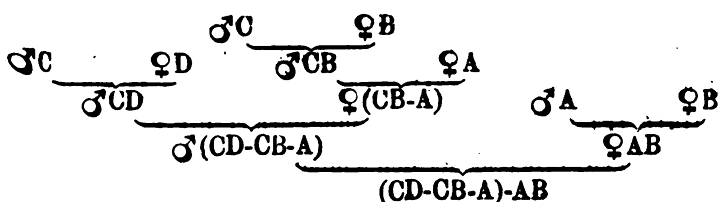
Der Bastard CD-CB-A-AB hat zur Mutter den Bastard CB-A-AB, zum Vater CD:



Die Verbindung (CD-CB)-A-AB ist aus dem männlichen Bastard CD-CB und aus dem weiblichen A-AB entstanden:



Die Verbindung (CD-CB-A)-AB ist aus dem männlichen Bastard CD-CB-A und aus dem weiblichen AB entsprungen:



Man könnte die drei letztgenannten Verbindungen, auch folgendermassen schreiben, was mir aber weniger empfehlenswerth scheint

(CD) { (CB) [A (AB)] }
[(CD) (CB)] [A (AB)]
{ (CD) [(CB) A] } (AB)

Es ist leicht, sich in den Formeln, wie ich sie vorschlage, zu orientiren, wenn man sich an die Regel hält, dass in der ganzen Verbindung der einfache oder zusammengesetzte Ausdruck links den Vater, der Rest die Mutter bei der letzten Zeugung darstellt, und dass das Nämliche für jeden zusammengesetzten Ausdruck gilt.

Die Abstammung der complizirten Bastarde wurde von den verschiedenen Autoren in verschiedener Weise ausgedrückt, wobei bald die Uebersicht und Verständlichkeit, bald die Einfachheit und Bequemlichkeit beeinträchtigt waren. Kölreuter baut seine Formeln nach folgendem Beispiel auf:

Nicotiana
- rustica ♀ + paniculata ♂ } ♀
- rustica ♀ + paniculata ♂ } ♂
- (these two) } ♀
- paniculata . . . . ♂
- (these) } ♀
- paniculata . . . . . . ♂

In dieser Gestalt sind die Formeln sehr übersichtlich, aber für die Schrift und den Druck weitläufig und unbequem. Nach meiner Bezeichnungsweise würde ich sagen: der Bastard von Nicotiana rustica (R) und N. paniculata (P) nach der Abstammungsformel P-P-PR-PR.

Gärtner bezeichnet den einfachen Bastard durch einen zusammengesetzten Namen, in welchem die mütterliche Pflanze die erste, die väterliche die zweite Stelle einnimmt. Geum urbano-rivale ist aus der Befruchtung von Geum urbanum durch G. rivale entstanden. Die sogenannten väterlichen Bastarde, d. h. solche, welche aus der Befruchtung des einfachen Bastards durch den Vater gefallen sind, bezeichnet er nach dem Grade z. B. als Dianthus barbato-carthusianorum^{2}, D. barbato-carthusianorum^{3}, nach meiner Bezeichnung C-CB und C-C-CB. Ein

[redacted]

sogenannter mütterlicher Bastard dagegen ist Mirabilis Jalapolongifloro-Jalapa, nach meiner Bezeichnung J-LJ[2]). Für sehr complizirte Vereinigungen, wo die Namen unaussprechbar werden, sagt Gärtner z. B. Nicotiana rusticopaniculato-angustifolia befruchtet durch rusticoangustifolio-rustica oder Lobelia cardinalifulgenti-fulgens befruchtet durch fulgenticardinalifulgentisyphilitica. Doch würde dieses Aushilfsmittel für eine noch weiter gehende Zusammensetzung nicht mehr ausreichen, denn dieselbe hiesse Lobelia (cardinalifulgenti-fulgenti)-(fulgenticardinali-fulgentisyphilitica) befruchtet durch x. Ich sage statt dessen: der Bastard von Nicotiana rustica (R), N. paniculata (P) und N. angustifolia (A) nach der Abstammungsformel

(R-AR)-A-PR

und der Bastard von Lobelia cardinalis (C), L. fulgens (F) und L. syphilitica (S) nach der Formel

(SF-CF)-F-FC.

Wichura macht die Abstammung seiner complizirten Weidenbastarde theils in der Form von Stammbäumen übersichtlich, theils drückt er sie durch Formeln von folgendem Bau aus:

♀ Salix {♀[♀ (Lapponum + Silesiaca) + ♂ (purpurea + viminalis)] + ♂ (♀ caprea + ♂ daphnoides)} + ♂ daphnoides.

Diese Formeln, besonders wenn sie noch die verschie-

---

2) Der Name väterliche und mütterliche Bastarde scheint mir in dieser Beschränkung nicht glücklich gewählt. Denn ein väterlicher oder mütterlicher Bastard, freilich mit anderer Abstammungsformel, wäre doch auch die aus der Befruchtung der väterlichen oder mütterlichen Pflanze durch den Bastard hervorgegangene Verbindung. Für die oben genannten Beispiele sind es die analogen Verbindungen CB-C, (CB-C)-C und LJ-J.

denen Bezeichnungen (Spont., Art., und die Autoren), die ihnen der Verfasser beigefügt hat, enthalten, machen immer viel Kopfzerbrechen, bis man sie enträthselt hat, während die Stammbäume zwar sehr übersichtlich, aber für Druck und Schrift weitschweifig sind. Nach meiner Bezeichnungsweise würde ich sagen; der Bastard von Salix Lapponum (L), S. Silesiaca (S), S. purpurea (P), S. viminalis (V), S. daphnoides (D) und S. caprea (C) nach der Abstammungsformel

D-DC-(P+V)(L+S).

Ich bemerke hiezu, dass P+V und L+S zwei wildwachsende Bastarde sind, bei denen es unbekannt ist, welche der beiden Arten Vater und welche Mutter war. Desswegen fehlen in der Formel von Wichura die Zeichen ♀ und ♂, und erscheinen in der meinigen die Zeichen +. Der Stammbaum dieses zusammengesetzten Bastards ist folgender, wenn wir für alle Factoren mit der gleichen Generation beginnen:

Salix

D D D D D D D D D D C C P V L S
D D D D ♂D ♀C (P+V) (L+S)
D D ♂DC ♀(P+V)(L+S)
♂D ♀[DC-(P+V)(L+S)]
D-DC-(P+V)(L+S)

Die bisherige Auseinandersetzung bezieht sich auf die Abstammungsformel. Dieselbe genügt jedoch nicht um die Constitution des Bastards zu erkennen. Wir müssen noch durch eine andere Formel, die ich die Erbschaftsformel nennen will, den Antheil ausdrücken, mit welchem jede Stammart in dem Bastard enthalten ist. Diess wäre eine einfache Rechnung, wenn wir annehmen dürften, dass

[redacted]

immer von zwei sich verbindenden Pflanzen jede gleichviel zur Bildung des Bastards beiträgt. Man hätte dann z. B. für folgende Bastarde folgende Erbschaftsformeln:

AB	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$
A-AB	$\frac{3}{4}A + \frac{1}{4}B$
A-A-AB	$\frac{7}{8}A + \frac{1}{8}B$
AC-BC	$\frac{1}{4}A + \frac{1}{2}C + \frac{1}{4}B$
(AC-BC)D	$\frac{1}{8}A + \frac{1}{4}C + \frac{1}{8}B + \frac{1}{2}D$
AC-BC-D	$\frac{1}{4}A + \frac{3}{8}C + \frac{1}{8}B + \frac{1}{4}D$
(A-C-BA)-CD	$\frac{5}{16}A + \frac{3}{8}C + \frac{1}{16}B + \frac{1}{4}D$

In dieser vollkommen rationellen Weise hat Wichura für die bestimmte Voraussetzung die Erbschaftsformeln entwickelt.

Ich habe in der vorhergehenden Mittheilung gesagt (§ 7), und ich werde sogleich noch darauf zurückkommen, dass eine Art zuweilen einen merklich grössern Einfluss bei der Erzeugung hybrider Verbindungen ausübt als eine andere, und dass vielleicht sogar in allen Fällen der Antheil der beiden elterlichen Formen etwas ungleich ist. Wir können also sicher in manchen und vielleicht in allen Fällen die Natur des Bastardes AB nicht durch die Erbschaftsformel $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$ ausdrücken. Vielleicht wäre die richtige Formel $\frac{3}{5}A + \frac{2}{5}B$ oder $\frac{4}{7}A + \frac{3}{7}B$ etc., aber wir wissen darüber meistens nichts Genaues. Unter diesen Umständen scheint mir das richtigere Verfahren folgendes.

Wenn die beiden Arten A und B sich hybrid verbinden, so ist jede in dem Produkt mit einer eigenthümlichen Quantität vertreten, was wir durch a und b ausdrücken und die Bastardirungsäquivalente nennen können. Die Erbschaftsformel ist somit $a + b$. Verbindet sich der Bastard AB mit A, so hat das Produkt die Formel $3a + b$ d. h. der Antheil der Stammart A verhält sich zu dem von B

wie drei Aequivalente der erstern zu Einem der zweiten (3 a : b). Den auf einander folgenden Generationen des durch wiederholte Befruchtung mit einer der beiden Stammarten zurückkehrenden Bastards entsprechen daher folgende Formeln:

Generation	Abstammungsformel		Erbschafts-formel[3])
I.	AB		a + b
II.	A-AB		3a + b
III.	A-A-AB	oder 2A-AB	7a + b
IV.	A-A-A-AB	„ 3A-AB	15a + b
V.	A-A-A-A-AB	„ 4A-AB	31a + b
VI.	A-A-A-A-A-AB	„ 5A-AB	63a + b
VII.	A-A-A-A-A-A-AB	„ 6A-AB	127a + b

3) Ich habe hiezu noch zwei Bemerkungen zu machen. Die erste betrifft die mathematische Construktion der Formeln. Ich setzte den Antheil, den der Bastard von Vater und Mutter geerbt hat, oder vielmehr das Aequivalent dieses Antheils als Additionsgrösse an, wie man etwa sagt, dass die Mischlinge zwischen Europäern und Negern $^1/_2$ weisses und $^1/_2$ schwarzes oder $^3/_4$ weisses und $^1/_4$ schwarzes Blut etc. vereinigen. Der richtige mathematische Ausdruck wäre wohl F (a, b), F (3 a, b) F (7 a, b), d. h. eine noch unbestimmte Function aus den Grössen a und b, 3 a und b, 7 a und b u. s. w.

Die andere Bemerkung betrifft die Coeffizienten 3, 7, 15, 31 der Bastardirungsäquivalente in obigen Formeln. Wenn zwei Individuen der gleichen Varietät mit einander sich bastardiren, so wirken sie natürlich, abgesehen von individuellen Verschiedenheiten, in gleichem Maasse bei der Erzeugung des Bastards. Wenn dagegen zwei Individuen verschiedener systematischer Formen (A und B) sich verbinden, so verhalten sich die Antheile, die sie am Produkt haben, abgesehen von den individuellen Abweichungen, wie a : b. Der Bastard AB hat die Erbschaftsformel a + b, und in analoger Weise müssten wir einem Produkte von zwei Pflanzen der Form A die Abstammungsformel A A und die Erbschaftsformel a + a geben. Verbindet sich nun AB mit A oder, um eine vollkommene Analogie

Ich habe in § 7 der vorhergehenden Mittheilung angegeben, dass nach den Erfahrungen Gärtner's einige Bastardformen nach einer ungleichen Zahl von Generationen zu der einen und andern Stammart zurückkehren, wenn sie fortwährend mit dem Pollen der letztern bestäubt werden. Ich habe zugleich bemerkt, dass man daraus die Grösse der Bastardirungsäquivalente berechnen könne und rücksichtlich der Berechnung hieher verwiesen. Es gehe der Bastard AB nach 4 Generationen vollständig in A, nach 6 Generationen in B über. Damit sagen wir, es ist die hybride Form mit der Abstammungsformel 3 A-AB und der Erbschaftsformel 15a + b der Stammart A so ähnlich geworden, dass man sie von ihr nicht mehr unterscheiden kann; und eine eben solche Aehnlichkeit mit der Stammart B hat die andere hybride Form, deren Abstammungsformel 5 B-AB und deren Erbschaftsformel 63b + a ist, erlangt. Es ist also b neben 15a und ebenso a neben 63b verschwindend klein; daraus erhalten wir die Gleichung

$$\frac{b}{15a} = \frac{a}{63b}$$

somit $63b^2 = 15a^2$ oder $b\sqrt{63} = a\sqrt{15}$; also nahezu $8b = 4a$ und $2b = a$. Mit Worten: der Bastard AB hat von A doppelt so viel geerbt als von B.

Auf gleiche Weise lassen sich die Bastardirungsäquivalente für alle übrigen Fälle, wo man das Zurückkehren zu den beiden Stammarten beobachtet hat, berechnen. Ich stelle die Ergebnisse in der folgenden Tabelle zusammen:

---

der Generation zu haben, mit AA (was natürlich dasselbe ist), so bedingt der Theil a des Bastards einen gleichen Theil a der reinen Pflanze AA und sein Theil b bedingt den ihm äquivalenten Theil a von AA. Die Erbschaftsformel von A-AB ist demnach 3a + b. In gleicher Weise werden die übrigen Formeln abgeleitet.

Zahl der Generationen, welche erforderlich sind zur Rückkehr zu A	zur Rückkehr zu B	Verhältniss der Bastardirungsäquivalente	
1) 3	3	$b = a$	
2) 5	5	$b = a$	
3) 4	4—5	$b = a\sqrt{15/23}$	nahezu $b = 4/5\ a$
4) 4	5	$b = a\sqrt{15/31}$	„ $b = 7/10\ a$
5) 3	4	$b = a\sqrt{7/15}$	„ $b = 7/10\ a$
6) 4	6	$b = a\sqrt{15/63}$	„ $b = 1/2\ a$
7) 3	4	$b = a\sqrt{7/31}$	„ $b = 1/2\ a$

Wie 1 verhalten sich Malva mauritiana Lin. und M. sylvestris Lin., wie 2 Dianthus barbatus Lin. und D. chinensis Lin.; wie 3 verhalten sich Oenothera nocturna Jacq. (B) und Oe. villosa Thunb. (A); wie 4 und 5 Nicotiana paniculata Lin. (B) und N. rustica Lin. (A); wie 5 Lychnis vespertina Sibth. und L. diurna Sibth., ferner Aquilegia atropurpurea Willd. und A. canadensis Lin.; wie 6 und 7 Dianthus barbatus Lin. und D. superbus Lin., ferner Dianthus chinensis Lin. und D. Caryophyllus Lin. Ich habe hiebei von den zwei mit einander verglichenen Arten immer diejenige mit dem kleinern Bastardirungsäquivalent vorangestellt. Die Beispiele sind alle den Versuchen Gärtner's entnommen.

Die richtige Bestimmung der Bastardirungsäquivalente hängt von der richtigen Bestimmung der Generationenzahl ab, welche erfordert wird, um den Bastard in die eine und die andere Stammart überzuführen. Es giebt dafür zwei Fehlerquellen. Einmal verhalten sich die verschiedenen Bastardindividuen etwas verschieden, und es ist daher wünschbar, dass nicht nur eine, sondern mehrere zurückkehrende Reihen beobachtet werden. Ferner gestattet die subjektive Auffassung, ob eine hybride Form schon bei der Stammart angelangt sei oder nicht, ebenfalls einigen Spielraum. —

Doch ist diese Methode, um den Einfluss der beiden Stammarten bei der Bastardbildung zu ermitteln, weitaus genauer als die Schätzung nach dem Aussehen des Bastards. Bei letzterer hat die subjective Auffassung einen viel grössern Spielraum, und überdem können wichtige innere Eigenschaften durch äussere Merkmale verdeckt sein, welche das Urtheil irre führen. Diese inneren Merkmale müssen sich aber bei der Umwandlung der hybriden Pflanze geltend machen.

Eine weitere Frage, betreffend das Bastardirungsäquivalent wäre die, ob es in den Verbindungen mit verschiedenen Arten constant bleibt oder ob es ungleiche Grössen darstellt. Zwei Arten M und N bastardiren sich, die Aequivalente sind m und n; M bastardirt sich auch mit O, die Aequivalente sind m und o. Es frägt sich nun, ob in der hybriden Verbindung von N mit O die Aequivalente die nämlichen seien wie n und o, die schon durch die andern Bastardirungen bestimmt sind. Wäre diess der Fall, so würden sich die Bastardirungsäquivalente unter einander verhalten wie die chemischen Aequivalente. Doch spricht schon zum Voraus die Wahrscheinlichkeit dagegen. Es lässt sich ferner aus den Angaben Gärtner's über die Generationenzahl, welche für die Rückkehr der verschiedenen Dianthus-Bastarde zu ihren Stammarten erforderlich ist, durch Rechnung zeigen, dass eine Art gegenüber verschiedenen andern Arten nicht das nämliche Aequivalent behauptet. Ich will die Rechnung, die sich nicht kurz abthun lässt, hier nicht ausführen, da der Gegenstand ein geringeres unmittelbares Interesse und vorerst auch keine weitere Anwendung für andere Fragen gewährt.

Es ist leicht aus der Abstammungsformel eines aus zwei Arten zusammengesetzten Bastards die Erbschaftsformel zu entwickeln. Ich füge hier einige Beispiele bei.

Abstammungsformel	Erbschaftsformel
AB	a + b
B-A-AB	3a + 5b
A-AB-B	5a + 3b
AB-A-B-AB	9a + 7b
B-(AB-A)-AB	5a + 11b
A-AB-AB-B	11a + 5b

Ich habe die Beispiele so gewählt, dass wie Gärtner sagt, die beiden Factoren in gleicher Zahl darin vertreten sind. In der That kommt in dem ersten Beispiel A und B je einmal, in dem zweiten und dritten je zweimal, in den drei letzten je dreimal vor. Gärtner schliesst daraus, dass diese Verbindungen gleich sein müssen, weil an ihnen A und B gleichen Theil haben. Die Erbschaftsformeln zeigen, wie unrichtig dieser Schluss war. Diese irrthümliche Anschauungsweise ist bei verschiedenen Angaben Gärtner's in Anschlag zu bringen, und dafür die nöthige Correctur anzuwenden. Ich will zum Beweis einen bestimmten Fall anführen.

Gärtner sagt, die typische Uebermacht der Nicotiana paniculata spreche sich in dem Bastard Nicotiana rusticopaniculato-paniculata ♀ — rustica ♂ aus, indem bei gleicher Anzahl der beiden Factoren (d. h. rustica und paniculata) keine völlige N. rustico-paniculata sondern ein der paniculata näher stehender Typus entstanden sei. Der Bastard hat nach meiner Bezeichnungsweise die Abstammungsformel R-P-PR und somit die Erbschaftsformel 5r + 3p. Er kann also unmöglich der einfachen Verbindung PR gleich sein, welcher die Erbschaftsformel r + p hat.

Dieses Beispiel zeigt aber, wie wichtig in der Lehre von der Bastardbildung die richtige Anwendung der Erbschaftsformel ist, d. h. die richtige Bestimmung des Antheils, den die Stammformen an der hybriden Verbindung haben. Wenn

man mit diesem Criterium die so zahlreichen Angaben von Kölreuter und Gärtner über die ursprünglichen und abgeleiteten Bastarde von Nicotiana rustica und N. paniculata mit einander vergleicht, so findet man zwar manche scheinbare Widersprüche, so dass man zunächst geneigt ist, an Irrthümer bei der Bestimmung oder an Verwechslungen bei den durch viele Jahre sich hinziehenden Versuchen zu denken. Da der vorhin genannte Gärtner'sche Bastard mit der Erbschaftsformel 5 r + 3 p der N. paniculata ähnlicher war als der N. rustica, so könnte man daraus schliessen wollen, dass N. paniculata ein starkes Uebergewicht über N. rustica habe, denn 3 p wäre $>$ 5 r; während aus den zurückkehrenden Bastardformen, wie ich früher zeigte, die Gleichung 10 p = 7 r folgt. Indessen muss man mit der Bestimmung des Erbschaftsantheils aus der Aehnlichkeit der Bastarde sehr vorsichtig sein, da, wie ich schon gesagt habe, innere Eigenschaften vorhanden sein können, welche mit den äussern Merkmalen in Widerspruch stehen und welche die eigentliche Verwandtschaft bedingen. Dieselben bleiben oft in einzelnen Generationen verborgen und geben sich erst in andern durch die äussern Merkmale kund. — Dass bei der hybriden Befruchtung von Nicotiana rustica mit N. paniculata die erstere das Uebergewicht kat, geht auch aus verschiedenen Angaben Kölreuter's hervor. So fand er constant, dass die Verbindungen mit der Erbschaftsformel 3 r + p, nämlich R-PR und R-RP ziemlich fruchtbar, die Verbindungen mit der Erbschaftsformel 3 p + r, nämlich P-PR und P-RP dagegen fast ganz unfruchtbar waren.

Besondere Schwierigkeiten bieten sich bei der Entwickelung der Erbschaftsformeln für Bastarde von 3 und mehreren Arten dar, da das Verhältniss der Bastardirungsäquivalente unbekannt ist. Ich habe bereits bemerkt, dass wenn zwischen A und B und zwischen A und C die Ver-

hältnisse a : b und a : c bestehen, das Verhältniss zwischen B und C nicht etwa b : c sein wird. Wir dürfen also aus der Abstammungsformel C-AB nicht die Erbschaftsformel $a + b + 2c$ ableiten, denn C verbindet sich mit A in AB durch einen andern Antheil als mit B. Die Formel muss somit durch $a + b + c + c'$ ausgedrückt werden, worin c′ das Bastardirungsäquivalent von C in Verbindung mit B bedeutet. — Mit dem eben genannten Bastard verbinde sich D zu einem sogenannten quaternären Bastard. Die Aequivalente von D seien in den Verbindungen mit A, B und C gleich d, d′ und d″. Ist die Abstammungsformel D-C-AB, so wird die Erbschaftsformel $a + b + c + c' + d + d' + d'' + d''\frac{c'}{c}$. Für andere Abstammungsformeln der quaternären Bastarde werden die Erbschaftsformeln noch viel verwickelter.

Es ist überflüssig, dass ich auf solche verwickelte Verhältnisse eintrete, ebenso dass ich noch von den quinären und senären Bastarden spreche, deren Erbschaftsformeln Ausdrücke von nicht zu bewältigender Complication darstellen. Es war mir nur darum zu thun, einerseits zu zeigen, auf wie unsichern theoretischen Grundlagen die Beurtheilung der aus 3 und mehr Species zusammengesetzten Bastarde ruht, und ferner auf den Schlüssel hinzuweisen, der uns über manche Angaben betreffend diese Bastarde Aufschluss giebt, welche nach der gewöhnlichen Annahme der gleichen Betheiligung verschiedener Species bei der Bastardbildung sich nicht erklären lassen[4]).

---

4) Für Letzteres möge hier ein Beispiel folgen. Wichura vergleicht folgende zwei Weidenbastarde mit einander: Salix [♀ (♀ viminalis + ♂ daphnoides) + ♂ caprea] und Salix [♀ (♀ caprea + ♂ daphnoides) + ♂ (♀ viminalis + ♂ caprea)] Dieselben haben nach seiner Annahme ganz die gleichen Erbschafts-

[redacted]

Die abgeleiteten Bastarde bestätigen im Allgemeinen alle Regeln, welche aus dem Verhalten der einfachen Bastarde festgestellt wurden; nur dass die Ausnahmen und Abweichungen bei jenen noch häufiger auftreten als bei diesen, dass also die Regeln sich innerhalb weiterer Grenzen bewegen. Es ist vor Allem hervorzuheben, dass ein Bastard, vorausgesetzt dass er fruchtbar ist, die hybride Befruchtung mit einem andern Bastard oder mit einer reinen Form in gleicher Weise vollzieht, wie es die reinen Formen unter einander thun, und dass er mit allen seinen Eigenthümlichkeiten auf die Bildung der neuen Verbindung in gleicher Weise einwirkt, wie es eine reine Form thut. Nur ist im Auge zu behalten, dass der Bastard in bestimmten Dingen wesentlich von den reinen Formen verschieden ist, und dass daher auch seine Abkömmlinge von den Bastarden der reinen Formen sich gewissermaassen unterscheiden müssen.

Die Verbindung zwischen den Bastarden erfolgt gemäss ihrer sexuellen Affinität, welche verschieden ist von der systematischen oder äussern und der chemisch-physikalischen oder innern Verwandtschaft. Wie zuweilen zwei reine Formen

---

formeln nämlich ¼ daphnoides + ¼ viminalis + ½ caprea. Er giebt aber an, dass sie keineswegs gleich seien. Nach meiner Bezeichnungsweise hat die erste Verbindung die Abstammungsformel C-DV, die zweite CV-DC. Die Erbschaftsformel für die erstere ist $c + c' + d + v$; d und v sind nämlich die Bastardirungsäquivalente zwischen D (daphnoides) und V (viminalis), d und c die Aequivalente zwischen D und C (caprea), v und c' zwischen V und C. — Die Erbschaftsformel für CV ist $c' + v$, diejenige für DC ist $d + c$ und die Erbschaftsformel von CV-DC vereinigt die Aequivalente $c + c + c' + c' + d + d\frac{c'}{c} + v + v\frac{c}{c'}$. Sie ist daher eine andere als die Formel für C-DV, und es können die beiden zusammengesetzten Bastarde nicht gleich sein.

A und B leicht sich zu AB, aber schwer zu BA verbinden, so kommt es auch vor, dass zwei Bastarde A + B und C + D sich leichter zu (A+B)(C+D) als zu (C+D)(A+B) vereinigen.

Dieses Gesetz tritt aber bei der Befruchtung der Bastarde unter einander und mit reinen Arten nicht so deutlich hervor, weil ihre Sexualorgane in ungleichem Maasse geschwächt sind. Wir können die geschlechtliche Verwandtschaft verschiedener Pflanzen zu einander nur dann aus den Befruchtungserfolgen entnehmen, wenn ihre Fortpflanzungswerkzeuge einen annähernd gleichen Grad der Vollkommenheit besitzen. Ist diess nicht der Fall, so giebt die Lebenskräftigkeit der Sexualorgane, nicht die Verwandtschaft den Ausschlag. Desswegen wird der Bastard A + B leichter durch A oder durch B, selbst leichter durch eine verwandte andere Art C befruchtet als durch sich selbst. Wenn man also auf die Narben des Bastards zugleich eigenen Pollen und solchen von A, B oder C bringt, so erhält man nicht etwa die Verbindung (A+B)(A+B) sondern A (A+B) oder B (A+B) oder C (A+B). Ebenso wird A (A+B) leichter durch A bestäubt als durch sich selbst, und giebt also eher Samen von der Form A-A(A+B) als von A(A+B)-A(A+B).

Es ist ferner häufig der Fall, dass der Bastard A+B sich durch A oder B befruchten lässt, während er selber weder A noch B zu befruchten vermag. Auch diese Erscheinung dürfte nur in den seltensten Fällen ihren Grund in einer ungleichen geschlechtlichen Affinität haben, meistens aber in dem Umstande, dass die männlichen Organe von A + B mehr geschwächt sind als die weiblichen.

Der grössern Neigung des Bastards, sich mit einer verwandten reinen Form als mit sich selbst zu verbinden, entspricht natürlich auch eine reichlichere Samenbildung bei dieser Verbindung. Bestäubt man die Narben von A + B mit einer überflüssigen Menge Pollen, so wird eine grössere

Menge von Eichen befruchtet, wenn der Pollen von A oder B als wenn er von A + B genommen wurde.

Die Fruchtbarkeit der abgeleiteten Bastarde, d. h. ihre Fähigkeit, zu befruchten und befruchtet zu werden, ist im Allgemeinen um so geringer, je mehr sie genaue Mittelbildungen sind, um so grösser, je mehr sie sich in ihrer Erbschaftsformel einer Stammart nähern. Desswegen ist die Verbindung A (A+B) fruchtbarer als A + B, aber unfruchtbarer als A-A(A+B). Wenn also ein einfacher Bastard (A+B) durch wiederholte Befruchtung mit einer der beiden Stammarten in diese zurückgeführt wird, so nimmt die Fruchtbarkeit mit jeder folgenden Generation zu, wie auch die Pflanzen mit jeder Generation der Stammart ähnlicher werden. Bemerkt man keinen Unterschied mehr zwischen der hybriden Verbindung und der reinen Art, so so hat jene auch nahezu oder ganz die vollkommene Fruchtbarkeit wieder erlangt, was bei verschiedenen Speciesbastarden bald schon mit der dritten bald erst mit der siebenten Generation eintrifft. — Kölreuter berichtet, dass der zurückkehrende Bastard von Nicotiana rustica und N. paniculata mit der Abstammungsformel P-P-P-PR oder 3P-PR gar keine merkliche Differenz von Nicotiana paniculata erkennen liess, dass er aber noch nicht die vollkommene Fruchtbarkeit in den männlichen Organen erreicht hatte, indem der Pollen neben anscheinend normalen noch einige wenige verkümmerte Körner enthielt. Die Erbschaftsformel ist 15p + r. — Die folgende Generation, abermals durch Befruchtung mit N. paniculata erhalten, mit der Abstammungsformel 4P + PR und der Erbschaftsformel 31p + r war in vegetativer und reproduktiver Beziehung identisch mit N. paniculata.

Doch gilt die Regel, dass der Bastard A(A+B) fruchtbarer sei als A + B, und 2A(A+B) fruchtbarer als A(A+B) nicht unter allen Umständen. Es giebt zwei Ursachen für

die nicht seltenen Ausnahmen. Die eine besteht darin, dass die Form A-AB in der Regel unfruchtbarer ist als A-BA und ebenso 2A-AB unfruchtbarer als 2A-BA; ich werde auf diesen Punkt bei der Betrachtung des Einflusses von Vater und Mutter zurückkommen. Dabei trifft es sich zuweilen, dass die Fruchtbarkeit der beiden Formen A-AB und 2A-AB so geschwächt ist, dass die erste Form durch AB und BA, die zweite durch A-BA übertroffen wird. — Eine andere Ursache liegt in der Varietätenbildung; der Bastard A(A+B) tritt häufig in zwei oder mehreren Formen auf, welche eine ungleiche Fruchtbarkeit besitzen und von denen die einen unfruchtbarer sind als A + B.

Diese Varietätenbildung zeigt uns auch, dass wir die allgemeine Regel über die Fruchtbarkeit der abgeleiteten Bastarde nicht so formuliren dürfen, wie es bisher geschehen ist, indem wir nämlich sagen, es seien dieselben um so fruchtbarer, je mehr sie sich in ihren Merkmalen einer Stammart nähern. Sie sind im Gegentheil nur insofern fruchtbarer, als sie durch die Erbschaftsformel ihr näher kommen. Wenn von den Bastarden AB oder AB-AB einige Pflanzen der Stammart A oder B sehr ähnlich sind (während die übrigen einen mittlern Typus bewahren), so zeichnen sich dieselben meistens durch grössere Unfruchtbarkeit aus. Die hybriden Formen A-AB und und B-BA sind den Stammformen ebenfalls sehr ähnlich, aber zugleich auch fruchtbarer als AB und BA.

Eine andere allgemeine Regel, die ich schon in meiner frühern Mittheilung (§ 3) erwähnt habe, ist die, dass ein Speciesbastard bei der Selbstbefruchtung von Generation zu Generation steriler wird. Er stirbt bald schon in der 2. und 3., bald erst in der 9. oder 10. Generation aus. Doch erleidet auch diese Regel ihre Ausnahmen, indem es Artbastarde giebt, deren Fruchtbarkeit von Generation zu Generation zunimmt und wieder vollkommen wird.

Letzteres ist um so eher der Fall, je mehr ein Bastard sich in der Erbschaftsformel einer reinen Art nähert. Ich erwähne nur des einen Beispiels, das in neuester Zeit viel besprochen wurde. Der ursprüngliche Bastard von Triticum vulgare Lin. und Aegilops ovata Lin. (nach der Formel VO), welcher den Namen Aegilops triticoides Requien führt, ist in hohem Grade unfruchtbar. Der abgeleitete Bastard nach der Formel V-VO (also aus der Befruchtung der ursprünglichen hybriden Verbindung durch Triticum vulgare erhalten), welcher Aegilops speltaeformis Jordan heisst, bildet dagegen zahlreiche Samen und pflanzt sich wie eine reine Form fort. — Godron giebt ähnliche Beobachtungen an Arten von Linaria, Nicotiana und Primula an.

Endlich können wir noch als allgemeine Regel aussprechen, dass ein abgeleiteter Bastard um so steriler ist, je mehr verschiedene Arten in demselben vereinigt sind. Der Bastard (A+B)+C ist also unfruchtbarer als A+B, als A+C und als B+C; und der Bastard (A+B)+(C+D) ist steriler als die zwei- und dreigliedrigen Bastarde, die aus A, B, C und D zusammengesetzt sind. Dabei wird aber vorausgesetzt, dass die Arten ungefähr gleich nahe mit einander verwandt seien. Denn wenn A und C sich näher stehen als A und B, so kann (A+B)+C an Fruchtbarkeit die ursprüngliche hybride Form A+B übertreffen; und wenn A mit C näher verwandt ist als A mit B und C mit D, so kann (A+B)+(C+D) fruchtbarer sein als (A+B)+D und fruchtbarer als B+(C+D).

Im Uebrigen wiederhole ich, dass die abgeleiteten Bastardpflanzen der gleichen Generation in ihrem Zeugungsvermögen sich oft sehr ungleich verhalten. Das schliesst jedoch nicht aus, dass es auch Beispiele giebt, wo alle Individuen einer Generation ziemlich gleich fruchtbar sind. Zu diesen Beispielen gehören nach Wichura die Weiden.

Wie mit der Fruchtbarkeit verhält es sich mit der Formbildung. Die abgeleiteten Bastarde sind meistens auch in ihren systematischen Merkmalen sehr variabel. Sie haben die Neigung Varietäten zu bilden, welche, wie bei den ursprünglichen Bastarden, vorzugsweise in einer Annäherung an eine der Stammarten bestehen, indess die Varietäten solcher Bastarde, welche einer Stammart ähnlicher geworden sind, häufig die Reproducirung der ursprünglichen hybriden Form darstellen.

Die Variabilität der abgeleiteten Bastarde zeigt einige Analogie mit der Sterilität; oft nimmt sie mit derselben in gleichem Maasse zu und ab, doch steht sie zuweilen mit ihr im Widerspruch. Im Allgemeinen vermehrt sich die Variabilität bei gleicher Erbschaftsformel, mit den Generationen. Ich habe schon in meiner frühern Mittheilung angeführt, dass der Bastard A + B in der ersten Generation gewöhnlich einförmig ist, und dass er in den folgenden Generationen meistens vielförmig wird. Ebenso werden die hybriden Formen A (A+B), 2A (A+B) und C + (A+B), wenn sie sich durch Selbstbefruchtung oder Inzucht fortpflanzen, variabler.

Die abgeleitete Bastardform ist ferner um so einförmiger, je grösser die Aequivalentzahl, mit der eine Stammart in der Erbschaftsformel erscheint, wenn alles Uebrige namentlich die Generation sich gleich verhält. So ist A (A+B), dessen Erbschaftsformel 3a+b, weniger variabel als (A+B)·(A+B), aber variabler als A+B, weil dieses ein Bastard der ersten, jenes ein Bastard der zweiten Generation ist; ebenso ist 2A (A+B) mit der Erbschaftsformel 7a + b weniger variabel als (A+B)(A+B), ebenso weniger variabel als A(A+B)·A(A+B), manchmal selbst als A(A+B), obgleich dieses eine Generation weniger hat; letztere beiden haben die Formel 3a+b.

Endlich kann noch als Regel ausgesprochen werden,

dass, unter übrigens gleichen Umständen, die Variabilität mit der Zahl der in einem Bastard vereinigten Arten zunimmt; indessen lässt sich diess auch auf die Regel zurückführen, dass die Variabilität mit der Abnahme der Aequivalentgrössen sich steigert. Denn wenn die hybride Form (A+B)+(C+D) an Vielförmigkeit (A+B)+(A+C) übertrifft, so kann diess mit dem Umstande zusammenhängen, dass in der erstern die Stammart A mit a, in der zweiten mit 2a enthalten ist. Es kommen auch noch andere Umstände hinzu, welche die Vergleichung erschweren. Wenn z. B. der genannte Bastard (A+B)+(C+D) variabler ist als (A+B)+C, so muss ausser dem, dass dort die Species C mit c, hier mit 2c erscheint, noch berücksichtigt werden, dass in der erstern Verbindung die beiden Eltern Bastarde sind, in der zweiten nur der eine Theil.

Ich habe in der frühern Mittheilung über die Bastardbildung gezeigt, dass es nicht ganz gleichgültig ist, ob zur Bildung des Bastards A + B die Stammart A als Vater oder als Mutter mitgewirkt habe. In den meisten Fällen lässt sich zwar AB äusserlich nicht von BA unterscheiden; aber das Verhalten der folgenden Generationen zeigt, dass innere Differenzen zwischen jenen Formen bestehen. Das Gleiche lässt sich an den abgeleiteten Bastarden nachweisen. Die wechselseitige Befruchtung zweier Formen ergiebt namentlich Unterschiede in der Fruchtbarkeit und in der Variabilität.

Eine besonders bemerkenswerthe Erscheinung ist die, dass Bastarde, mit dem Pollen reiner Arten befruchtet, ein anderes Produkt geben, als wenn die reinen Arten von den Bastarden bestäubt werden. Die Verschiedenheit besteht darin, dass die Bastarde mit der Abstammungsformel A-AB und A-BA viel einförmiger und auch fruchtbarer sind als die Bastarde AB-A und BA-A. Ebenso ist A-BC einförmiger und fruchtbarer als BC-A; ebenso A-(BC-B) weniger variabel

als (BC-B)-A. Der hybride Pollen hat also in höherm Grade als das hybride Ovulum die Fähigkeit, seiner Nachkommenschaft eine grosse Vielgestaltigkeit und relative Sterilität zu verleihen.

Gärtner führt ferner mehrere Beispiele an, wo die Bastarde von der Form AB-BA absolut unfruchtbar sind, während einige davon in der Form AB-AB noch einige Fruchtbarkeit besitzen. So ist der Bastard von Aquilegia atropurpurea und A. canadensis von der Zusammensetzung AC-CA vollkommen steril, während CA ausgezeichnet fruchtbar ist und sich fast wie eine reine Art mit unverändertem Typus fortpflanzt.

Es scheint endlich allgemeine Regel zu sein, dass die hybride Form A-AB weniger fruchtbar ist als A-BA. — Hieher gehört ebenfalls die allgemeine Thatsache, dass A-AB viel steriler ist als B-AB d. h. dass ein Bastard (AB), durch seinen Vater (A) befruchtet, ein zur Fortpflanzung viel untauglicheres Produkt giebt, als wenn er von seiner mütterlichen Pflanze (B) bestäubt wird. Die Vermuthung liegt hier zwar nahe, dass das Resultat nicht durch den Einfluss des Vaters und der Mutter, sondern der beiden Stammarten bedingt werde. Wenn das Bastardirungsäquivalent von B grösser wäre als dasjenige von A (also $b > a$), so würde sich die grössere Sterilität von A-AB gegenüber von B-AB leicht begreifen. Denn die letztere Form würde sich B mehr nähern, als die erstere sich A nähert. Diese Voraussetzung trifft zwar für einige Fälle ein, nicht aber für alle. So ist der Bastard von Nicotiana rustica und N. paniculata von der Form P-PR weniger fruchtbar als R-PR, und, wie ich früher zeigte, ist $p < r$. Dagegen ist der Bastard von Dianthus barbatus und D. superbus von der Zusammensetzung S-SB viel steriler als B-SB und doch ist $b < s$; und ebenso ist der Bastard von Aquilegia atro-

[redacted]

purpurea und A. canadensis von der Form C-CA weniger fruchtbar als A-CA, und doch ist $a<c$.

---

22. Die Theorie der Bastardbildung.

(Vorgetragen den 13. Januar 1866.)

Kaum würde ich daran gedacht haben, den Mittheilungen über die hybride Befruchtung im Pflanzenreiche eine allgemeine theoretische Betrachtung folgen zu lassen, wenn nicht neulich von Wichura eine solche Theorie veröffentlicht worden wäre. Da die Ansichten, die ich über diesen Punkt hege, von denen des genannten verdienstvollen Beobachters abweichen, und wie ich glaube, den Thatsachen besser entsprechen, so halte ich es für Pflicht, dieselben ebenfalls mitzutheilen.

Schon Darwin suchte die Erscheinungen, welche die Bastarde darbieten, zu verallgemeinern. Er knüpft dabei an die Schwächung der Geschlechtsorgane an, welche in seiner Transmutationslehre überhaupt eine grosse Rolle spielt. Bei den Bastarden entstehe dieser Schwächezustand aus der unnatürlichen Vereinigung von nicht zusammengehörigen Individuen. In analoger Weise leiden Pflanzen und Thiere, welche aus ihren natürlichen Verhältnissen gerissen werden, vorzugsweise in der Geschlechtssphäre und werden dadurch mehr oder weniger unfruchtbar. Eine gemeinsame Folge der verminderten Fortpflanzungsfähigkeit sei bei den Bastarden und bei den unter ungünstige Einflüsse gebrachten reinen Formen die grosse Neigung zum Variiren.

Doch gesteht Darwin selbst zu, dass diese Theorie nichts erkläre, und dass er nur zwei Erscheinungen, die offenbar verwandt seien, habe in Parallele bringen wollen. Die Unfruchtbarkeit der Bastarde leitet er davon her, dass, wenn zwei Organisationen in Eine verbunden werden, dabei nothwendig einige Störungen in der Entwicklung oder in der periodischen Thätigkeit oder in den Wechselbeziehungen der verschiedenen Theile und Organe zu einander oder endlich in den Lebensbedingungen veranlasst werden. Für die Sterilität der reinen Formen, welche unnatürlichen Lebensbedingungen ausgesetzt werden, weiss er keinen Grund anzugeben.

Abgesehen davon, dass manche Eigenthümlichkeiten der Bastarde, wie Darwin selbst sagt, aus seiner Theorie sich nicht erklären lassen, ist dieselbe im Allgemeinen unvollständig, weil sie nur ein beschränktes Gebiet von Thatsachen umfasst. So lässt sie die grosse Fruchtbarkeit der Varietätenbastarde und die verminderte Fruchtbarkeit der durch Inzucht fortgepflanzten Racen unberücksichtigt. Weil sie diess thut, vermag sie auch nicht den Grund für die Sterilität der Artbastarde auf überzeugende Weise darzuthun. Denn die Vereinigung von zwei verschiedenen Naturen erklärt uns nicht, warum so viele hybriden Pflanzen in vegetativer Hinsicht selbst besser gedeihen als die Eltern, in der Reproduction aber sich weniger fähig erweisen.

Die Theorie von Wichura hat zur Grundlage die Darwin'sche Anpassung der Organismen an die äussern Verhältnisse. Wenn zwei Arten zusammen einen Bastard bilden, so gehen die Eigenschaften, in denen die Eltern von einander abweichen, nicht vollständig auf ihn über, sondern sie vereinigen sich zu mittlern Eigenschaften, welche nur unvollkommen accomodirt seien. Es verhalte sich damit immer wie etwa mit einem Bastard zwischen Fisch und

[redacted]

Vogel, wenn ein solcher möglich wäre; er würde im Wasser nicht recht schwimmen, in der Luft nicht recht fliegen können. Aus dieser Theorie erkläre sich die Thatsache, dass Bastarde nahe verwandter Species, die also nur in einer geringen Zahl von Merkmalen differiren, vollkommner sind als solche von entfernten Arten; — ferner die Thatsache, dass die Bastarde um so unfruchtbarer werden, je mehr Species in ihnen verbunden sind; — und endlich der Umstand, dass nur solche Species sich hybrid vereinigen können, die in verhältnissmässig vielen Eigenschaften und dem entsprechend in vielen Lebensbedingungen mit einander übereinstimmen.

Wichura sagt ferner, die Eigenthümlichkeiten einer Pflanze seien auch in ihren Zellen enthalten, da diese zu gleichen Zweigen auswachsen können. Keimbläschen und Pollenschlauch tragen als Zellen ebenfalls den Typus des Individuums an sich, und bilden daher nothwendig ein Mittelding zwischen Vater und Mutter. Bei der Fortpflanzung kommen aber häufig Varietäten zum Vorschein; es müsse der Keim dazu in der Pollenzelle oder im Keimbläschen gelegen haben. Diesen Geschlechtszellen müsse man also nicht bloss die Function zuschreiben, das Individuum fortzupflanzen, sondern auch die Fähigkeit, abweichende Neubildungen hervorzubringen.

Was zuerst die Theorie im Allgemeinen betrifft, so bin ich mit Wichura vollkommen einverstanden, dass die Bastarde sich dem Gesetze der Accomodation an die äussern Verhältnisse ebensowohl fügen müssen, als die reinen Formen. Allein gegen die Art seiner Anwendung hege ich folgende zwei Bedenken.

1) Es ist zwar richtig, dass der Bastard als eine Mittelbildung zwischen zwei Formen den Existenzbedingungen der einen und der andern Form unvollkommen angepasst ist. Daraus folgt aber bloss, dass er an dem einen

Ort von der väterlichen, an einem andern von der mütterlichen Pflanze überwunden und verdrängt wird, nicht aber, dass er an einem dritten Orte unter mittlern Bedingungen nicht vollkommen existenzfähig sei und selbst seine Eltern zu verdrängen vermöge. — Es giebt ferner in einzelnen Gattungen Mittelformen zwischen den Arten, welche ebenso kräftig sich entwickeln und ebenso fruchtbar sind als diese Arten. Sind sie auch nicht hybriden Ursprungs, so könnte doch ein Bastard zwischen den betreffenden Arten mit Hinsicht auf Formbildung und auf Anpassung an die äussern Verhältnisse nicht anders ausfallen. — Endlich ist zu berücksichtigen, dass bei den künstlich erzogenen Bastarden die Anpassung eigentlich gar nicht in Betracht kommt. Die väterliche und die mütterliche Art befinden sich in Kultur und gedeihen ganz gut. Sie sind beide den Verhältnissen des Gartens hinreichend angepasst; es ist somit nicht denkbar, warum diese Accomodation einer mittlern Bildung mangeln sollte.

2) Die ungenügende Anpassung an die äussern Lebensbedingungen kann sich erst offenbaren, wenn das hybride Produkt mit diesen Bedingungen in Conflikt kommt, also beim Keimen des Samens und beim Aufwachsen der jungen Pflanze. Die Abneigung zweier differenter Arten gegen die geschlechtliche Vereinigung zeigt sich aber schon bei der Befruchtung, welche bald gar nicht, bald langsam und vereinzelt eintritt, und bei der Bildung des Embryo, welcher sich kümmerlich entwickelt und oft in frühen Stadien zu Grunde geht. Die Annahme, dass diese Erscheinungen Folge der mangelhaften Accomodation seien, ist eine rein teleologische, denn sie muthet der Pflanze zu, dass sie zum Voraus alles das unterlasse oder lässig betreibe, was sich doch späterhin unter den gegebenen äussern Verhältnissen als unzweckmässig erweisen würde.

Mit Rücksicht auf die zweite Theorie von Wichura

bin ich zwar ebenfalls der Ansicht, dass die Eigenthümlichkeit einer Pflanze sich mehr oder weniger vollständig in jeder Zelle ausdrücke, somit auch in der Pollenzelle und im Keimbläschen. Allein ich bin geneigt, andere Folgerungen daraus zu ziehen. Wichura sagt: Vater und Mutter liefern bei der Zeugung einen numerisch gleichen Theil, nämlich eine Zelle und da diese Zellen den Typus des Individuums, von dem sie stammen, an sich tragen, so müsse das Produkt genau die Mitte halten und das Nämliche bleiben, wenn man in wechselseitiger Kreuzung Vater und Mutter vertausche. Diese Theorie wäre nach meiner Ansicht dann berechtigt, wenn die beiden sich vereinigenden Zellen quantitativ und qualitativ sich gleich verhielten; und ich glaube, dass gegen ihre strenge Anwendung, was den väterlichen und mütterlichen Einfluss betrifft, bei den Conjugaten (die ihre Samen durch Conjugation gleichwerthiger Zellen bilden) nichts einzuwenden sei. Allein bei allen geschlechtlichen Pflanzen (Cryptogamen und Phanerogamen) ist die materielle Betheiligung des Vaters und der Mutter eine ungleiche, sowohl in der Menge als in der Beschaffenheit der zur Zeugung verwendeten Substanz. Daraus folgt, wie mir scheint, unabweislich, dass die Uebertragung der Eigenschaften eine ungleiche sein muss, und dass die beiden hybriden Formen AB und BA nicht identisch sein können. Dem entsprechend zeigt, wie ich in den vorhergehenden Mittheilungen angeführt habe, die Beobachtung, dass auch in den Fällen, wo AB und BA sich durch keine wahrnehmbaren äussern Merkmale unterscheiden, innere Verschiedenheiten vorhanden sind, die sich in den folgenden Generationen geltend machen.

Ebenso wenig ist die andere Folgerung gerechtfertigt, dass die zwei sich bastardirenden Pflanzenformen, weil sie sich je mit einer Zelle betheiligen, gleich viel an das hybride Produkt beitragen. Denn es ist ja nicht gesagt, dass zwei

verschiedene Pflanzen ihre Fortpflanzungszellen quantitativ und qualitativ gleich ausstatten. Im Gegentheil, wir dürfen wohl annehmen, dass die Fortpflanzungszellen verschiedener Arten, Varietäten und selbst der Individuen immer ungleich constituirt sind, und dass daher diejenige Pflanze, welche den wirksamen Stoff in grösster Menge und in bester Qualität bildet, bei der Zeugung stets das Uebergewicht erlange.

Wenn ich Wichura recht verstehe, so legt er die Varietätenbildung in die Geschlechtszellen. Das würde aber mit der Annahme im Widerspruche stehen, dass dieselben den Typus des Individuums an sich tragen, von dem sie gebildet wurden. Mir scheint es rationeller, anzunehmen, dass die Veränderung in allen Zellen vor sich gehe und dass die Pollenzellen sowie die Keimbläschen darin keinen Vorzug besitzen, dass also die Fortpflanzungszellen in Wirklichkeit immer das Symbol der ganzen Pflanze sind. Auf den Nachweis, wie sich hieraus die grössere Variabilität bei der Fortpflanzung als bei der geschlechtslosen Vermehrung erklären lässt, will ich hier nicht eintreten, da ich davon später noch sprechen werde.

Nach meiner Ansicht ist es nicht die Accommodation an die äussern Existenzbedingungen, welche die eigenthümlichen und sich scheinbar widersprechenden Erscheinungen der Bastardbildung wie die Steigerung oder Schwächung in den vegetativen und reproduktiven Functionen, sowie die vermehrte Variabilität der hybriden Produkte bedingt. Dieselbe war nur bei der Constituirung der Bastardeltern, d. h. der reinen Formen massgebend. Bei der Bildung der Bastarde selbst kommt nur die innere Anpassung, wenn ich mich so ausdrücken darf, oder vielmehr die innere Zusammenpassung, d. h. die gegenseitige Abhängigkeit der Organisations- und Functionsverhältnisse in Betracht; und die

Eigenschaften der Bastarde sind uns der schönste Beweis dafür, dass eine solche Abhängigkeit besteht.

Unter den nächst verwandten Organisationsformen giebt es immer eine, welche den gegebenen äussern Verhältnissen am vortheilhaftesten accommodirt ist und welche daher die andern verdrängt. Es ist die Varietät oder die Art, die auf einem Standort Constanz gewonnen hat. Eine bessere Anpassung ist, solange eine äussere Veränderung nicht eintritt, unmöglich, sonst würde sie sich gebildet haben.

Die Anpassung wird aber nicht bloss durch die äussern Verhältnisse, sondern auch durch alle innern Momente bedingt. Der Organismus ist einer äusserst complizirten Maschine zu vergleichen, deren Theile alle in einander greifen und sich gegenseitig bedingen. Kein Theil kann sich verändern, ohne dass auch eine entsprechende Modification in allen übrigen Theilen erfolgt. Wenn z. B. eine Pflanze sich so in ihren Blattorganen umbildet, dass sie eine grössere Menge Wasser verdunstet als früher, so müssen auch die Wurzeln und Stengel modifizirt werden, jene dergestalt, dass sie mehr Wasser aufnehmen, diese, dass sie mehr Wasser leiten. Dazu kommt eine grössere Verdunstungskälte, eine lebhaftere Bewegung der Flüssigkeit, ein leichterer Transport von gelösten Stoffen nach oben, eine vermehrte Aufnahme von unorganischen Stoffen. Alle diese Ursachen werden unmittelbar eine Reihe von Veränderungen im Gewebe und in der chemisch-physikalischen Beschaffenheit nach sich ziehen; diese werden andere Modificationen hervorrufen, und so kann am Ende bloss aus der grössern Verdunstung eine innere und äussere Umbildung von unabsehbarer Tragweite hervorgehen. Für die Pflanze, welche von den brennenden Sonnenstrahlen leidet, wäre eine vermehrte Verdunstung sehr zuträglich; aber die Folgen, welche diese nach sich zieht, bringen ihr in anderer Beziehung Nachtheile von grösserem Belange. Desswegen verzichtet sie auf jene vortheilhafte

partielle Anpassung an die äussern Verhältnisse, weil in Folge der nothwendigen innern Beziehungen die äussere Gesammtanpassung leiden würde. Wenn ich sage, sie verzichte darauf, so verstehe ich natürlich darunter nichts anderes, als dass die Veränderungen, die sich allenfalls in jener Richtung bilden, wegen ihrer geringern Existenzfähigkeit verdrängt werden.

Wir haben also neben der äussern Anpassung auch noch die innere Zusammenpassung aller Organisations- und Functionsverhältnisse, von denen die eine die andere beschränkt. Wir können uns denken, dass bei der besten innern Anpassung zwischen allen wirksamen Kräften ein gewisses Gleichgewicht bestehe. Dasselbe kann gestört werden und die Pflanze kann dadurch leiden, ohne dass die äussere Accommodation sich änderte. Es ist möglich, dass die kranke und sterbende Pflanze nicht besser an die äussern Verhältnisse angepasst sein könnte; sie geht zu Grunde, weil das Zusammenwirken der verschiedenen Functionen in irgend einer Weise unterbrochen wurde. Dass äussere Accommodation und inneres Gleichgewicht nicht identisch sind, sehen wir namentlich auch deutlich an den verschiedenen Arten einer Gattung, welche man in Kultur bringt. Obgleich sie ungleichen Verhältnissen angepasst wurden, gedeihen sie auf dem nämlichen Gartenbeet, wo sie dem Kampfe um das Dasein entzogen sind, gleich gut. Wenn einzelne Individuen der einen oder andern Arten kümmerlich, wenn einzelne üppig gedeihen, so ist es, weil das innere Gleichgewicht in jenen besonders gestört, in diesen besonders vollkommen ist. Ich will dieses Gleichgewicht fortan mit dem Ausdrucke Zusammenpassung oder Concordanz bezeichnen.

Wir müssen zwei Arten der Zusammenpassung oder der Concordanz unterscheiden, die vegetative und die reproductive oder geschlechtliche, entsprechend den beiden Hauptfunctionen des

[redacted]

Organismus: die eine darin bestehend, dass er in der Wechselwirkung mit den äussern Einflüssen sich selbst erhält, die andere, dass er Keime für neue Individuen bildet. Beide Functionen können ganz ungleich entwickelt sein, woraus hervorgeht, dass sie nicht von den nämlichen Bedingungen abhängen. Es giebt Pflanzen, die eine sehr üppige vegetative Entwicklung zeigen, aber wenig Samen bilden. Es giebt andere, welche sehr reichlich Samen tragen, aber in vegetativer Hinsicht sich kümmerlich entwickeln. Bei den meisten Gewächsen besteht selbst ein gewisser Gegensatz zwischen den beiden Functionen, so dass die eine um so mehr zurücktritt, je lebhafter die andere von statten geht. Pflanzen, die sehr stark ins Holz und Laub treiben, können gänzlich unfruchtbar, solche, die viele Früchte und Samen ansetzen, können bis zur Erschöpfung fruchtbar sein.

Die vegetative Zusammenpassung, welche der Pflanze das lebhafteste Wachsthum gestattet, ist somit verschieden von der sexuellen Concordanz, welche eine reichliche Befruchtung und Samenbildung veranlasst. Es können nicht beide zugleich vollkommen sein; sie bedingen sich gegenseitig und stehen im umgekehrten Verhältnisse zu einander; wird die eine vollkommen, so muss die andere sehr gestört werden. Die Pflanzenformen bedürfen zu ihrer Erhaltung bald mehr einer kräftigen vegetativen Entwickelung, bald mehr der Erzeugung von zahlreichen Samen. Daher bildet sich im Kampfe um das Dasein in jeder Species und Varietät die vortheilhafteste Combination zwischen Vegetation und Reproduction aus. Selten giebt die Pflanze die eine zu Gunsten der andern fast ganz preis, wie zum Beispiel in einigen kümmerlichen einjährigen Formen, die eine Unmasse von Samen erzeugen, oder in einigen Formen mit reichlicher Laubspross- oder Stolonenbildung, die es aber selten zur Fructification bringen. Meistens bildet sich ein mittlerer Zustand aus, so dass sowohl die vegetative als die repro-

duktive Zusammenpassung unvollkommen ist. Die Kultur, welche die Gewächse dem Kampfe um das Dasein entzieht, kann die eine auf Kosten der andern vervollkommnen, je nachdem ihr Zweck Samenbildung oder irgend eine Seite des vegetativen Lebens (Bildung von Blättern, Wurzeln, Zweigen etc.) ist.

Ich habe bloss zwischen vegetativer und geschlechtlicher Concordanz unterschieden, weil dadurch der wichtigste und folgenreichste Gegensatz ausgedrückt wird. Von der vegetativen Concordanz giebt es verschiedene Modificationen, welche sich in der Steigerung gewisser Processe kundgeben und welche ebenfalls in einem gewissen Gegensatze zu einander stehen. Doch haben diese Unterscheidungen für die wildwachsenden Pflanzen eine geringere Bedeutung als für die Kulturgewächse, und bei der Theorie über die Bastardbildung finden sie ohnehin keine Anwendung, da es sich hier vorerst nur um den tiefgreifenden Widerspruch von vegetativer und sexueller Zusammenpassung handelt. — Noch füge ich die Bemerkung bei, dass, wie schon der Name ausdrückt, die sexuelle Concordanz bloss auf die Bildung der Pollenzellen und der Keimbläschen sowie deren Mutterorgane, der Staubgefässe und Eichen, abzielt. Alles Uebrige gehört der vegetativen Sphäre an, selbst die Bildung der Blumenblätter und der Fruchtwandungen, ebenso die geschlechtslose Vermehrung; denn alle diese Erscheinungen bilden den gleichen Gegensatz gegenüber der Samenbildung und werden durch die nämlichen Ursachen bedingt. Eine Pflanze, die sich üppig entwickelt, hat in der Regel auch die Neigung zu einer lebhaften geschlechtslosen Vermehrung u. s. w.

An dem Organismus unterscheiden wir zwei Kategorieen von Eigenschaften, die individuellen und die allgemeinen; letztere bilden die Varietät oder die Species. In gleicher Weise müssen wir auch zwei Arten der Zusammenpassung

unterscheiden. Die allgemeine oder generelle Concordanz ist in allen Pflanzen einer systematischen Form die nämliche, aber sie ist in verschiedenen Varietäten und Species ungleich. Daher rührt das ungleiche Wachsthum und Gedeihen, die ungleiche Fruchtbarkeit der verschiedenen Pflanzenarten. Die ungünstiger zusammengepassten müssten denen mit günstigerer Concordanz weichen, wenn nicht eine ungleiche Accommodation an die unendlich manigfaltig combinirten äussern Verhältnisse einer jeden da oder dort eine bedingte Existenz sicherte.

Die individuelle Zusammenpassung ist in den einzelnen Pflanzen der gleichen Art oder Varietät verschieden. Die einen Individuen sind glücklicher zusammengepasst als die andern; sie werden üppiger und stärker, oder sie bringen mehr und bessere Samen hervor.

Da die Zusammenpassung der Organisations- und Functionsverhältnisse im Organismus eine überaus complizirte und künstliche ist, so wird sie auch durch äussere Einwirkungen sehr leicht gestört. Wenn in irgend einem Individuum die Concordanz einmal vollkommen wäre, so müsste sie im nächsten Augenblicke durch hundert verschiedene Eindrücke gelitten haben. Sie könnte nur dann unverändert bleiben, wenn die Kräfte, die von aussen auf das Individuum wirken, und die Gegenwirkung des letztern sich constant aufheben würden. Diess ist jedoch nicht der Fall, weil die Reaction der Pflanze nach aussen ganz anderer Art ist, als die Eindrücke, die sie empfängt.

Die Störungen geschehen aber, ebenfalls in Folge der äusserst complizirten Zusammenpassung, in den verschiedenen Individuen in verschiedener Weise. Denken wir uns, die Individuen einer Art oder einer Varietät wären einmal alle gleich, so müssten die äussern Einflüsse auch gleiche Störungen hervorrufen. Aber die Einflüsse, die zu gleicher Zeit auf mehrere Pflanzen einwirken, sind nie vollkommen

identisch, und wenn sie auch noch so geringe Verschiedenheiten zeigen, so müssen in entsprechendem Masse auch die Störungen, die sie veranlassen, verschieden sein. Die letztern lassen aber dauernde innere Veränderungen zurück, und so sind die Individuen, die in einem Momente vollkommen gleich waren, in kurzer Zeit schon innerlich verschieden.

Von diesen innern Veränderungen haben einzelne die Neigung, sich weiter auszubilden; sie nehmen den Charakter von Dispositionen oder Gewohnheiten an. Die Eigenschaft des Organismus, welche ihn am meisten befähigt, seine Individualität auszuprägen und sich von den andern Individuen zu entfernen, ist die, dass gewisse innere Bewegungen oder Veränderungen, die einmal eingetreten sind, sich nicht bloss bei gleicher Veranlassung sondern auch bei Veranlassungen wiederholen, die nur in bestimmten Beziehungen analog, in andern aber verschieden sind. Der Organismus äussert auf ungleiche äussere Eindrücke die nämliche Reaction, was wir seine Disposition nennen; er giebt unter ungleichen Verhältnissen die nämlichen Lebenserscheinungen kund, was wir seine Gewohnheit heissen. Es handelt sich nicht darum, für diese Thatsache eine Erklärung zu geben, welche ohne Zweifel in der complizirten Vermittelung, welche äussere und innere Ursachen im Organismus erfahren, zu suchen wäre, wesswegen auch Disposition und Gewohnheit um so ausgeprägter auftreten, je complizirter der Organismus ist. Es genügt für den vorliegenden Zweck an die allgemeine Verbreitung der Thatsache in der organischen Welt zu erinnern. Wenn wir sie auch vorzugsweise im Thierreich und beim Menschen kennen, so ist es doch gewiss, dass die Pflanzen eben so gut ihre Dispositionen und Gewohnheiten haben. Es kommt jedem Individuum eine eigenthümliche chemisch-physikalische Constitution zu, vermöge welcher eine ganze Gruppe von äussern oft sehr verschiedenen Ursachen die nämliche Störung, die nämliche

dauernde Veränderung und somit die Ausbildung und Steigerung eines bestimmten Charakters veranlassen, während in einem andern Individuum mit anderer Disposition auf die nämlichen Einflüsse Störungen und Veränderungen in anderer Richtung erfolgen und ein anderer Charakter sich entwickelt [5]).

Die ursprünglich gleichartigen Individuen einer systematischen Form haben also die Tendenz, immer ungleicher zu werden. Eine Veränderung des Individuums selbst ist bei den Pflanzen leicht möglich, da dieselben in ihrer grossen Mehrzahl fortwährend wachsen und das Leben unausgesetzt in neue Organe übergeht. Aber alle Gewächse haben eine begrenzte Dauer; sie erzeugen neue Individuen, die an ihre Stelle treten. Diese besitzen die gleichen Eigenschaften und Dispositionen wie die Mutterpflanzen und sind somit im Stande, die in denselben begonnenen Veränderungen fortzusetzen und weiter auszubilden. Wir können eine Reihe von Generationen gewissermassen einem langlebigen Individuum gleich setzen. Doch ist diess nur bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung in aller Strenge richtig; bei der geschlechtlichen Befruchtung tritt eine gewisse Modification ein.

Die Fortpflanzung besteht darin, dass ein Theil von dem Individuum sich loslöst und zu einem neuen vollständigen Individuum sich entwickelt. In dem Organismus sind alle Theile auf's innigste verbunden. Eine Störung der Zusammenpassung und eine dadurch bewirkte Veränderung in der chemisch-physikalischen Constitution macht sich überall in der ganzen Pflanze in annähernd gleicher Weise

---

5) Die Varietätenbildung ist immer die Weiterführung einer individuellen Veränderung und, wie diese, in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit den äussern Verhältnissen, wie ich in der Mittheilung vom 18. November nachgewiesen habe.

geltend. Der zum Behufe der Fortpflanzung sich lostrennende Theil, er mag eine Zelle, ein Zellencomplex oder ein Complex von Organen sein, hat daher die Eigenthümlichkeiten der Mutterpflanze. Die Tochterpflanzen sind der letztern ganz ähnlich, ob man ein Wurzelstück, ein Stengelstück, ein Blatt, einen Ausläufer oder eine Brutknospe zur Vermehrung benutze.

Die gewöhnliche Ansicht geht dahin, dass bei der geschlechtslosen Fortpflanzung bloss Gewächse gebildet werden, welche der Mutterpflanze selbst in den individuellen Merkmalen gleichen, und dass neue Varietäten einzig durch geschlechtliche Fortpflanzung hervorgebracht werden. Wir begreifen, dass aus Ablegern, Pfropfreisern, Stecklingen u. s. w. Pflanzen erwachsen, die mit dem Mutterindividuum beinahe identisch sind, da sie dasselbe in morphologischer Continuität fortsetzen. Aber die Annahme, dass die geschlechtslose Vermehrung keine Varietäten bilden könne, scheint mir nicht gegründet. Es ist unzweifelhaft, dass unsere Obst- und Weinsorten[6]) nur zum kleinsten Theil aus Samen entstanden sind, und dass diese Sorten nur einer hinreichend langen Zeit bedürften, um sich zu Varietäten auszubilden, die auch bei der Fortpflanzung durch Samen sich constant erweisen würden. Die Frage ist bloss, ob einer Pflanzenform, die sich allein auf geschlechtslosem Wege vermehrt, eine so lange Dauer vergönnt sei; ich werde hierauf später noch zurückkommen.

Die Angabe, dass aus Samen eine formenreiche und variable, aus Stecklingen eine einförmige Nachkommenschaft erwachse, ist für eine Menge von Fällen unbestreitbar. Daraus folgt aber noch nicht mit Nothwendigkeit, dass nur

---

6) A. de Candolle (Géogr., bot. 1081) nimmt an, dass alle Sorten der Weinrebe sich auf dem Wege der ungeschlechtlichen Vermehrung gebildet haben.

auf dem erstern Wege Varietäten gebildet werden. Denn es darf nicht übersehen werden, dass die Ursache der Variabilität bei der Fortpflanzung durch Samen fast ohne Ausnahme die Kreuzung mit andern Individuen derselben Varietät oder selbst mit andern Varietäten ist. Diess ist um so wahrscheinlicher, da durch den Wind und besonders durch die blüthenbesuchenden Insekten fortwährend Blüthenstaub von einer Pflanze auf die andere übertragen wird, und da die Pollenkörner eines andern aber verwandten Individuums gewöhnlich die Wirksamkeit des eigenen Pollens ausschliessen.

Es handelt sich aber nicht darum, auf welchem Wege in der gegenwärtigen Zeit, nachdem verschiedene Varietäten bereits bestehen, neue und namentlich mittlere Varietäten gebildet werden, sondern wie die Varietäten ursprünglich aus einer einzigen Form, wo also von Kreuzung noch nicht die Rede sein konnte, entstanden seien. Die Frage ist also in ihrer einfachsten Fassung, ob ein Individuum bei der Samenbildung durch Selbstbefruchtung eine variablere Nachkommenschaft gebe, als durch geschlechtslose Vermehrung? — und in complizirterer Fassung, ob die Nachkommenschaft eines einzigen Individuums, deren Stammbaum durch strenge Inzucht aber durch gegenseitige Befruchtung zwischen den verschiedenen Individuen aufgebaut wurde, vielförmiger sei als eine andere ebenso zahlreiche Nachkommenschaft, die in einer gleichen Zahl von Jahren durch wiederholte Bildung von Ausläufern, Brutzwiebeln, Knollen u. d. gl. entstanden ist?

Ich glaube nicht, dass man diese Frage auf Thatsachen gestützt bejahen, und dass man irgend einen empirischen Beweis für die varietätbildende Kraft der geschlechtlichen Befruchtung geben könnte. Versuche zu diesem Zwecke sind zwar nicht angestellt worden; aber man weiss, dass die Nachkommenschaft vorzugsweise nach stattgefundener Kreuzung manigfaltig ist, und dass sie bei Selbstbefruchtung ziem-

lich einförmig ausfällt. Andererseits führt die geschlechtslose Vermehrung oder die Sprossbildung des Pflanzenstockes hin und wieder zu sehr bedeutenden Abweichungen. Es sind verschiedene Beispiele bekannt, wo an einem Baum oder Strauch plötzlich ein Zweig mit anderer Blattbildung, Blüthenbildung, Behaarung, Färbung oder Verzweigung hervorbricht. Im Münchener botanischen Garten steht eine Buche mit geschlitzten Blättern, an welcher ein Ast gewöhnliche ungetheilte und ganzrandige Blätter trägt. Ich zweifle daran, dass eine Aussaat von Samen, die durch Selbstbefruchtung erzeugt wurden, je grössere Abweichungen aufzuweisen im Stande ist.[7])

Betrachten wir die Sache von der theoretischen Seite, so dürfte die Wahrscheinlichkeit ebenfalls nicht der gewöhnlichen Ansicht zur Seite stehen. Die Pollenzelle sowie das Keimbläschen sind Theile des Individuums und können somit keine andern Eigenschaften an sich haben als dieses. Die Theile einer Pflanze werden aber unter einander etwelche Verschiedenheiten zeigen; so ist es denkbar, dass, wenn eine Pflanze einerseits durch Wurzelstecklinge, andererseits durch

7) Bei den Farnen vollzieht sich eine solche Veränderung einer Varietät in die andere an dem nämlichen Blatt, indem der untere und innere Theil desselben normal gebaut ist und der gewöhnlichen Form entspricht, während der peripherische Theil sich abnormal verhält, so bei Scolopendrium vulgare laceratum und Sc. v. Cristagalli. Nach den interessanten Beobachtungen von Kencely Bridgman (Annals and Magazine of Natural History VIII, 490) gehen aus Sporen, die auf dem normalen Theil des Blattes erzeugt wurden, durchgängig Pflanzen der gewöhnlichen Form auf: aus Sporen von dem abnormen Theil der Blattspreite dagegen reproducirt sich die Varietät. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Sporenbildung der Gefässcryptogamen, weil sie ohne geschlechtliche Befruchtung erfolgt, mit Rücksicht auf die vorliegende Frage nicht der Samenbildung der Phanerogamen analog gesetzt werden kann.

Blätter vermehrt, und wenn die nämlichen Vermehrungen durch eine Reihe von Generationen wiederholt würden, man zuletzt zwei verschiedene Formen erhielte. Wir dürfen ferner wohl annehmen, dass die grösste Verschiedenheit, die innerhalb eines Individuums möglich ist, zwischen Pollenzellen und Keimbläschen sich kund giebt. Bei der Befruchtung muss aber immer eine mehr oder weniger mittlere Bildung zwischen denselben herauskommen, und wenn wir die Pollenkörner unter sich und die Keimbläschen unter sich gleich voraussetzen, so können die Differenzen zwischen den Tochterpflanzen eines Individuums nur insofern erklärt werden, als an den einen die Pollenschläuche, an den andern die Keimbläschen einen grössern Antheil haben. Es sind zwar gewiss auch individuelle Verschiedenheiten zwischen den Pollenkörnern einer Pflanze, ebenso zwischen ihren Keimbläschen vorhanden. Sie kommen aber hier nicht in Betracht, weil gleiche individuelle Verschiedenheiten auch den Zellen, welche die geschlechtslose Vermehrung einleiten, zugeschrieben werden müssen.

Somit ergiebt uns die Theorie durchaus keinen Grund, um der Fortpflanzung durch Samen eine grössere Variabilität beizumessen als der geschlechtslosen Vermehrung. Nur in einer Beziehung ist jene vielleicht bevorzugt. In den Organismen schlummern Anlagen und Dispositionen, welche durch innere Veränderungen bedingt werden und unter fördernden äussern oder innern Verhältnissen sich entwickeln. Wir beobachten nun, dass die Ausbildung solcher Anlagen vorzugsweise dann eintritt, wenn der morphologische Aufbau der Pflanze neue Abschnitte beginnt. Ein Spross, der einmal angefangen hat, verändert sich nicht mehr wesentlich, wenn er noch so lange fortwächst; dagegen kann ein neu beginnender seitlicher Spross, wie ich vorhin erwähnte, mit ganz anderen Merkmalen auftreten. Diess scheint nun in erhöhtem Masse bei der geschlechtlichen Fortpflanzung statt zu finden; die-

züchtern ist diese Ansicht wiederholt ausgesprochen worden. Wechsel der Kultur, des Bodens und Klimas kann das Uebel vermindern, unter Umständen vielleicht heilen. Da die Störung der Zusammenpassung durch äussere Einflüsse verursacht wird, so folgt zwar nicht nothwendig, dass entgegengesetzte Einflüsse die Störung aufheben, weil dieselbe möglicher Weise durch innere Veränderungen eine Disposition geschaffen hat. Aber es kann durch neue Veränderungen die Richtung der Störung abgelenkt und somit wenigstens theilweise gehoben werden. Mit dem Wechsel des Bodens und Klimas für die Kulturracen verhält es sich wie mit dem Luftwechsel, und was Alles damit verknüpft ist, für den Menschen. Das Uebel wird um so weniger geheilt, je älter und eingewurzelter es ist, mit andern Worten, je grösser die innern Veränderungen und Dispositionen sind, welche die Störung der Zusammenpassung bereits verursacht hat.

Die geschlechtliche Befruchtung stellt sich also als die entschieden vollkommnere Einrichtung dar, insofern als sie es vermittelst der Kreuzung möglich macht, die Samen durch Verschmelzung zweier Individuen zu bilden. Wir begreifen daher, dass sie bei fast allen Pflanzen und Thieren im Kampfe um das Dasein sich neben der geschlechtslosen Vermehrung einen Platz erobert oder dieselbe selbst vollständig verdrängt hat. Da die Möglichkeit für eine Störung der Zusammenpassung und für die Ausbildung von schädlichen Dispositionen um so näher liegt, je complizirter der Organismus ist, so begreifen wir ferner, dass wir die geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung in den zwei organischen Reichen sehr ungleich vertheilt finden. Nur die einfachsten Pflanzen (hauptsächlich einzellige) entbehren vielleicht gänzlich der Geschlechtsdifferenz. Bei den andern niedern Gewächsen (Zellencryptogamen) ist neben der geschlechtlichen Befruchtung die geschlechtslose Vermehrung noch sehr häufig und regelmässig als Gonidien- oder Brutkörnerbildung

[redacted]

vorhanden. Die Gefässpflanzen haben alle neben der geschlechtlichen Befruchtung auch Vermehrung durch Theilung des Wurzelstockes oder durch Ausläufer, Knollen, Zwiebeln u. s. w., wenn diese auch im Allgemeinen viel weniger häufig und regelmässig auftritt. Bei den Thieren endlich greift, mit Ausnahme der allerniedrigsten, die Fortpflanzung auf geschlechtlichem Wege allein Platz.

Bei der Kreuzung nahe verwandter Varietäten werden zwei verschiedene Naturen vereinigt, deren *individuelle* Zusammenpassungen ungleich gestört sind und daher ihre Störungen mehr oder weniger gegenseitig aufheben, und deren *allgemeine* Concordanzen so nahe verwandt sind, dass sie einander nicht widersprechen. Je weiter die sich bastardirenden Varietäten und Species von einander entfernt stehen, desto ungleicher sind ihre Organisationen, desto mehr ist die *allgemeine* Zusammenpassung in dem hybriden Produkt gestört. Daher erklärt sich die allmähliche Abstufung in der Lebensfähigkeit des hybriden Produkts. Zwei Arten verschiedener Gattungen oder verschiedener Sectionen der gleichen Gattung bringen gewöhnlich nicht einmal die erste Zelle des Embryos zu Stande; es bleibt die Befruchtung ganz resultatlos. Sind die sich bastardirenden Arten wenig näher verwandt, so wird der Embryo bloss wenigzellig und stirbt dann ab. Bei noch näherer Verwandtschaft bildet sich der Embryo zwar aus, aber er keimt nicht; oder er keimt, bildet aber ein sehr schwächliches, bald zu Grunde gehendes Pflänzchen; oder er bildet eine schwächliche Pflanze, die es wohl zur Blüthen-, aber nicht zur Samenbildung bringt. Nimmt die Verwandtschaft der elterlichen Formen noch mehr zu, so steigert sich auch die Lebensfähigkeit des Bastards und erreicht ihr Maximum in der Regel, wenn nahe verwandte Varietäten sich gegenseitig befruchten.

Wir können also die ungleiche Lebensfähigkeit, welche die Selbstbefruchtung, die Inzucht, die Kreuzung der Varietäten

und die Bastardirung der Species ihren Produkten mittheilen, aus dem grössern oder geringern Grad der Störungen in der individuellen und allgemeinen Zusammenpassung erklären. Das Leben besteht aber aus zwei wesentlich verschiedenen Functionen, der Vegetation und der Reproduktion, und wir müssen, wie ich früher zeigte, zwei Zusammenpassungen in der Pflanze unterscheiden, die vegetative und die sexuelle. Keine derselben ist vollkommen, indem eine die andere theilweise ausschliesst; eine innere Veränderung, welche die eine vervollkommnet, beeinträchtigt meistens die andere. Es besteht auch darin eine Verschiedenheit, dass die sexuelle Concordanz viel leichter gestört wird als die vegetative; daher eine Pflanze unter allgemein schädlichen Einflüssen gewöhnlich zuerst ihre Reproduktionsfähigkeit durch Samen und erst lange nachher die Möglichkeit des vegetativen Gedeihens einbüsst [8]).

Daraus erklärt sich die merkwürdige Thatsache, dass so viele Speciesbastarde in vegetativer Hinsicht sich sehr üppig entwickeln und darin selbst ihre Eltern übertreffen, während sie in der Samenbildung weit hinter denselben zurückbleiben. Die Verbindung zweier Arten bringt die sexuelle Zusammenpassung meist gänzlich in Verwirrung, indess sie in vegetativer Hinsicht noch günstig wirken kann, da in letzterer Beziehung die gegenseitige Aufhebung der in verschiedenen Richtungen vorhandenen Störungen mehr ins Gewicht fällt, als die neue Störung, die aus der Vereinigung zweier specifisch-ungleicher Concordanzen hervorgeht.

---

8) Die sexuelle Zusammenpassung soll eine Aufgabe erfüllen, die offenbar viel schwieriger ist und einen kleinern Spielraum gestattet. Sie soll zwei ungleiche Elemente bilden, von denen jedes die vegetative Concordanz in sich schliesst, und die für sich nicht lebensfähig sind (mit Ausnahme der Parthenogenesis), aber zusammen eine lebensfähige Verbindung darstellen.

[redacted]

Von der Selbstbefruchtung und der Inzucht bis zur Kreuzung der Varietäten und bis zur Bastardirung von Arten und Gattungen entfernen sich die Eltern immer mehr von einander. Die Selbstbefruchtung giebt Tochterpflanzen, welche in vegetativer und in geschlechtlicher Beziehung geschwächt sind. Sowie die Verwandtschaft der Eltern abnimmt, verbessert sich die vegetative Zusammenpassung der Tochterpflanzen und erreicht ihr Maximum in den Bastarden von entferntstehenden Varietäten und nahestehenden Arten, von wo bei fortgehender Divergenz der Eltern sie wieder allmählich unvollkommner und zuletzt ganz vernichtet wird. In gleicher Weise vervollkommnet sich die sexuelle Concordanz der Tochterpflanzen mit der Divergenz der Eltern und erlangt ihr Maximum in den Bastarden nahestehender Varietäten, von wo sie bei dauernder Abnahme der elterlichen Verwandtschaft bis zu gänzlicher Störung sich vermindert. Es kommen bei jeder der beiden Zusammenpassungen zwei entgegengesetzte Processe mit einander im Conflict. Je weiter sich die Eltern von einander entfernen, um so ungleicher wird die Form ihrer allgemeinen (varietätlichen oder spezifischen) Concordanzen und um so grösser die Störung bei einer Verschmelzung in eine einzige Concordanz. Je mehr die elterlichen Formen in der Verwandtschaft auseinander weichen, um so ungleichartiger werden aber zugleich die Störungen, mit der die individuelle und allgemeine Zusammenpassung einer jeden behaftet ist, und um so vollständiger heben sich diese Störungen in der Tochterpflanze auf. Die nothwendige Folge dieser Verhältnisse ist die, dass die Zusammenpassung in der Tochterpflanze mit der Divergenz der Eltern bis zu einem gewissen Punkt vollkommner und von da wieder unvollkommner wird. Dieser Wendepunkt ist für die Pflanzen verschiedener Gattungen und Ordnungen, ebenso für die beiden Zusammenpassungen verschieden.

Bei der Bastardbildung müssen zwei Dinge, die man

oft unter dem Titel der hybriden Unfruchtbarkeit zusammengeworfen hat, streng unterschieden werden, der Erfolg der hybriden Befruchtung einer systematischen Form durch die andere und die Fähigkeit des Bastards zu geschlechtlichen Functionen. Beide können im Widerspruche zu einander sich befinden. Es kommt nicht selten vor, dass A und B sich leicht bastardiren und aus ihrer Verbindung viele fruchtbare Samen erzeugen, während der Bastard A + B männlich und weiblich nahezu unfruchtbar ist.

Die Unfruchtkarkeit des Bastards hängt von der Störung der sexuellen Zusammenpassung ab, der Erfolg der hybriden Befruchtung seiner Eltern aber von dem Verhalten der vegetativen Zusammenpassung. Der Erfolg der Bastardirung geht im Allgemeinen mit der vegetativen Lebensfähigkeit des daraus entstehenden Bastards parallel. Denn Beides hängt davon ab, ob der Pollenschlauch der einen und das Keimbläschen der andern Form eine wohl zusammengepasste und entwicklungsfähige Vereinigung bilden. Diesem Grundsatz scheint jedoch der Umstand zu widersprechen, dass die Pollenkörner der gleichen Spezies gewöhnlich die Wirksamkeit aller fremden Pollenkörner ausschliessen (§ 5 in der Mittheilung vom 15. Decemb.), auch wenn die letztern stärkere Pflanzen liefern würden. Indessen wissen wir noch nicht, wie die Momente zu taxiren sind, welche jene Ausschliessung bedingen. Die letztere wird zunächst dadurch herbeigeführt, dass die Pollenkörner der eigenen Art in kürzerer Zeit ihre Schläuche bis zu den Eichen senden, und dieselben befruchten. Damit ist aber nicht gesagt, dass die Befruchtung einer andern Art nicht einer grössern Verwandtschaft entspreche, wie sie auch, wenn sie möglich wird, kräftiger vegetirende Pflanzen erzeugt.

Nach meiner Ansicht hat die Ausschliessung des fremden Pollens durch den eigenen folgende Bedeutung. Die Pollenkörner, die auf der Narbe ihre Schläuche treiben, und die

[redacted]

Pollenschläuche, die durch den Griffelkanal hinunterwachsen, werden von dem Gewebe des Griffels und der Narbe ernährt. Ein fremdes Pollenkorn auf dem weiblichen Organ verhält sich wie ein fremdes Pfropfreis, das auf einen Baum geimpft wird. Ob das Pfropfreis besser oder weniger gut anschlage und gedeihe, hängt vorzüglich von dem Grade ab, in welchem die fremdartige Nahrung, die es erhält, seine vegetative Zusammenpassung beeinträchtigt. Es sind also für die Entwicklung der Pollenschläuche ganz andere Verhältnisse massgebend als für die Befruchtung, und es ist sehr leicht denkbar, dass die Erfolge bei der einen und der andern sich widersprechen.

Bei der Bastardbildung ist es zuweilen der Fall, dass die Pollenschläuche von A zu den Keimbläschen von B eine andere sexuelle Verwandtschaft haben als die Pollenschläuche von B zu den Keimbläschen von A. Es kommt selbst vor, dass B ziemlich leicht von A, aber A durchaus nicht von B befruchtet wird. Dieses Factum erklärt sich aus dem Verhalten der beiden Geschlechtszellen zu einander. Beide repräsentiren die Mutterpflanze zwar in gleicher Weise, insofern als sie ein gleiches Aequivalent auf den Bastard übertragen; denn AB und BA unterscheiden sich nicht in der Erbschaftsformel. Aber Pollenzellen und Keimbläschen sind materiell ungleich constituirt und stellen daher in den Verbindungen AB und BA ungleiche Zusammenpassungen dar. Daher kann AB eine lebensfähigere Combination der gleichen erbschaftlichen Form darstellen als BA. Daher können auch AB und BA, wenn beide in vegetativer Beziehung scheinbar gleich lebensfähig sind, sammt ihren Nachkommen in Fruchtbarkeit und Variabilität von einander abweichen.

Eine allgemeine Eigenschaft, die den Bastarden zukommt, ist die, dass sie zum Variiren viel mehr geneigt sind als die reinen Formen. Die Abänderungen der Pflanzen überhaupt

haben, abgesehen von der Bastardbildung, einen doppelten Ursprung. Die einen werden unmittelbar durch die äussern Einflüsse hervorgebracht und verschwinden wieder mit dem Aufhören dieser Einflüsse. Die eigentlichen oder constanten Varietäten aber gehen, wie ich in der Mittheilung vom 18. Novemb. 1865 gezeigt habe, aus innern Ursachen hervor: aus Dispositionen oder chemisch-physikalischen Veränderungen, welche sich allmählich, möglicherweise durch eine ganze Reihe von Generationen ausbilden, um endlich sich zu entfalten und in äussern Merkmalen kund zu geben. Diese innern Veränderungen waren ursprünglich die Folge von localen und partiellen Störungen in der bisherigen Zusammenpassung, welche die Pflanze durch eine neue Form der Concordanz zu tilgen sucht, indem sie alle Organisations- und Functionsverhältnisse, soweit es nöthig ist, modifizirt und wieder ins Gleichgewicht bringt. Daher ist es eine gewöhnliche Erscheinung, dass Pflanzen und Thiere, die man in neue Lebensverhältnisse bringt und in denen man somit ernstlichere Störungen der Concordanz veranlasst, zu variiren anfangen. Dabei können aber die Abänderungen in verschiedenen Richtungen erfolgen, wie ich in der frühern Mittheilung erörtert habe, indem die Störungsursache nur im Allgemeinen den Anstoss zur Bewegung giebt, die Bewegungsrichtung aber von der Constitution des Organismus abhängt.

Bei der Bastardirung findet ein analoger Vorgang statt. In dem Bastard ist die allgemeine Zusammenpassung immer mehr oder weniger gestört. Er wird somit das Bestreben haben, die Störung durch Modification seiner Eigenschaften zu beseitigen. Diese Modification geschieht durch Veränderungen der chemisch-physikalischen Constitution und erfordert, bis sie sich in den äussern systematischen Merkmalen kundgiebt, um so mehr Zeit, je grösser die Störung ist. Dem entsprechend tritt die Variabilität bei den Varietätenbastarden

[redacted]

schon in der ersten Generation, bei den Speciesbastarden erst in der zweiten oder einer spätern Generation ein.[9])

Es giebt noch einen andern Grund für das Variiren der Bastarde in der zweiten und den folgenden Generationen. Bekanntlich sehen die Kinder zuweilen nicht den Eltern sondern den Grosseltern ähnlich, und kommen in einer spätern Generation zuweilen Merkmale zum Vorschein, die in frühern Generationen vorhanden waren, nachher aber verschwunden sind. Es werden also Dispositionen durch eine oder mehrere Generationen fortgeerbt und entwickeln sich unter günstigen Verhältnissen. Der Organismus kann gleichzeitig mehrere Dispositionen beherbergen, von denen die einen früher, die andern später, die dritten niemals zur Ausbildung gelangen. Es ist nun begreiflich, dass vor Allem aus zwei Dispositionen in den Bastard gelegt werden, die eine, dass er dem Vater, die andere, dass er der Mutter ähnlich werde. Dem entsprechend stehen die Veränderungen in der zweiten und den folgenden Generationen vorzüglich darin, dass sich Formen bilden, die einer der beiden Stammformen sehr ähnlich sind. Es giebt auch Bastarde, die in einer Generation sich der einen, in einer folgenden Generation der andern Stammart nähern, und solche, die fortwährend ihre ursprüngliche mittlere Bildung behaupten (§ 9 in der Mittheilung vom 15 Decemb.). Die beiden Disposi-

---

9) Ich habe eingangs erwähnt, dass Darwin die Variabilität der Bastarde von der Angegriffenheit der Geschlechtsorgane herleitet, da auch die reinen Formen, die unter unnatürlichen Verhältnissen leben, zugleich unfruchtbarer werden und stärker variiren. Mir scheint es, dass diese beiden Erscheinungen coordinirt und beide Folge der gestörten Concordanz sind. Die Störung in der vegetativen Zusammenpassung veranlasst die Pflanze zu versuchen, die verschobenen und verwirrten Organisations- und Functionsverhältnisse wieder ins Gleichgewicht zu setzen; die Störung in der sexuellen Zusammenpassung vermindert die Fruchtbarkeit.

tionen können also entweder so in ein Bastardindividuum gelegt sein, dass die eine überwiegt und allein sich ausbildet, oder so, dass die eine früher, die andere später zur Entwicklung kommt, oder endlich so, dass beide sich von Anfang an und durch alle Generationen hindurch das Gleichgewicht halten.

Es sind somit zwei allgemeine Ursachen vorhanden, warum der Bastard in der ersten oder den folgenden Generationen sich verändert: weil er die bei der hybriden Zeugung gestörte Concordanz wieder herzustellen sucht und weil er die bei dem gleichen Anlass in ihn gelegten Dispositionen ausbildet. Die Ursachen dagegen, warum auch die Bastard-Pflanzen der gleichen Generation meistens verschieden ausfallen, sind individueller Natur. Wenn einerseits die Pollenkörner, die von der Form A herstammen, und anderseits die Ovula, welche der Form B angehören, unter sich identisch wären, so müssten alle Bastarde der ersten Generation einander gleich sein, und es bestände kein Grund, warum nicht auch die der zweiten Generation unter sich gleich würden, ebenso die der dritten und der folgenden. Aber die Pollenkörner sind ungleich unter sich, ebenso die Eichen ihrerseits. Es müssen somit auch die Bastardpflanzen der ersten Generation von einander abweichen, und wenn man auch keinen Unterschied äusserlich wahrnimmt, so sind doch ihre innern Anlagen und Dispositionen ungleich und die Differenzen treten äusserlich in den folgenden Generationen hervor.

Die Ungleichheit der Pollenkörner, ebenso diejenige der Ovula geht daraus hervor, dass bei der Befruchtung durch die eigene Varietät und selbst durch das gleiche Individuum nicht alle Tochterpflanzen identisch ausfallen, sondern individuelle Verschiedenheiten an sich haben. Die Ungleichheit der Geschwister beweist uns, dass Vater und Mutter bei den verschiedenen Zeugungen sich ungleich betheiligen. Die Va-

[redacted]

riabilität in den Kindern muss aber um so grösser sein, je weiter die Eltern sich von einander entfernen. Eltern, die sich sehr ähnlich sehen, können nur Kinder erzeugen, die wenig verschieden sind. Weichen die Eltern weit von einander ab, so ist auch ein grosser Spielraum für die Verschiedenheit der Kinder geboten. Mit dieser theoretischen Forderung übereinstimmend finden wir im Allgemeinen die geringste Variabilität bei den Nachkommen der Bastarde von nahe stehenden Varietäten und die grösste bei den Nachkommen der Bastarde von entfernt stehenden Arten.[10]) Bei den letztern bilden sich meist drei sehr ungleiche Varietäten, eine mittlere, welche von den beiden Stammarten ziemlich gleich weit entfernt ist, und zwei seitliche, welche sich der einen und der andern Stammart nähern.

Da in dem Art-Bastard verschiedene varietätbildende Ursachen zusammenwirken, die sich früher oder später geltend machen können, so zeigt sich in den auf einander folgenden Generationen häufig ein unsicheres Schwanken in der äussern Formbildung sowie in der Fruchtbarkeit. Die hybride Pflanze hat vor allem aus das Bestreben, die gestörte Concordanz in vegetativer und in reproduktiver Hinsicht wiederherzustellen; und sie setzt ihre Versuche hiezu, da dieselben von den sich ausbildenden Dispositionen gehemmt und abgelenkt werden, in verschiedenen Richtungen fort. Es gelingt ihr aber nur selten, eine genügende sexuelle Zusammenpassung zu gewinnen; daher kann zwar im Ver-

---

10) Man sagt häufig, dass die Varietätenbastarde variabler seien als die Speciesbastarde. Diess ist nur in gewisser Hinsicht richtig. Die erstern variiren schon in der ersten Generation, so dass oft nicht zwei Pflanzen ganz gleich sind; bei den letztern zeigt sich in der ersten Generation noch eine grosse Einförmigkeit, die Variation beginnt erst in der zweiten oder in einer noch spätern Generation. Aber bei den Speciesbastarden bewegt sich die Variation innerhalb viel weiterer Grenzen als bei den Varietätenbastarden.

laufe der Generationen die Fruchtbarkeit ab- und zunehmen, aber meistens schwindet sie bald gänzlich.

Von den Bastardzüchtern wird vielfach angegeben, dass Bastarde von Pflanzen, die schon lange in Kultur sich befinden, variabler sind als solche von Gewächsen, die eben erst aus der Wildniss geholt wurden, oder die wenigstens noch nicht lange in den Gärten leben. Diese Thatsache hat eigentlich unmittelbar nichts mit der hybriden Befruchtung zu thun. Sie erklärt sich einfach daraus, dass die seit langem in Kultur befindlichen Gewächse zum Variiren geneigter sind, ein Umstand, der von den Pflanzenzüchtern ebenfalls als ausgemacht angenommen wird und der schon von Kölreuter durch den Versuch erwiesen wurde. Derselbe giebt an, dass Kulturpflanzen, die mit ihren eigenen Pollen bestäubt werden, eine mannigfaltige, aus verschiedenen Sorten bestehende Nachkommenschaft geben.

Die grössere Neigung der Kulturpflanzen zum Variiren kann eine doppelte Ursache haben. Einmal mag bei ihnen durch eine lange Einwirkung von theilweise unnatürlichen Verhältnissen die Concordanz ernstlich gestört und daher eine Veranlassung zu innern Veränderungen gegeben sein. Wichtiger scheint mir der andere Umstand, dass bei ihnen eine Zuchtwahl entweder nicht stattfindet, oder dann bloss in einer den Kulturzwecken entsprechenden Richtung. Im wilden Zustande gehen fortwährend die beginnenden neuen Varietäten zu Grunde, indem in dem Kampfe um das Dasein nur die vortheilhafteste Varietät erhalten bleibt. Diese bildet daher durch lange Vererbung ihre Merkmale zu einer grossen Constanz aus. In der Kultur dagegen ist der Pflanze der Kampf um die Existenz erspart. Alle individuellen Veränderungen, insofern sie Samen bilden und nicht den Kulturzwecken widersprechen, haben Bestand, pflanzen sich fort, und erzeugen durch Kreuzung mit andern Abänderungen neue individuelle Modificationen. So hat also die Kultur-

[redacted]

pflanze aus einer doppelten Ursache die Disposition zur Varietätenbildung in sich, und es ist begreiflich, dass wenn sie sich mit einer andern Art bastardirt, diese Disposition auf den Bastard übertragen wird.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch eine allgemeine Bemerkung über das Verfahren bei theoretischen Betrachtungen wie die vorstehende. Ich habe zur Erklärung der bei der Bastardbildung zu Tage tretenden Erscheinungen mich nicht bloss an diese äussern Erscheinungen, sondern vielmehr an die innern Eigenschaften gehalten, aus denen wir sie ableiten müssen. Diess hat nach meiner Ansicht, soweit es möglich ist, überall da zu geschehen, wo es sich um die Vergleichung von Organismen handelt. Die äussern Merkmale, die unserer sinnlichen Wahrnehmung zugänglich sind, haben gewiss einen grossen Werth, aber sie geben uns noch kein vollständiges und richtiges Bild. Sie drücken die innern und wesentlichen Eigenschaften nur mangelhaft aus. Zwei Pflanzenformen können systematisch einander ähnlich sehen und doch in Wirklichkeit weiter von einander entfernt sein, als zwei andere, die in Bau und Habitus mehr von einander abweichen. Diess gilt namentlich für Varietäten, Racen, Arten, aber auch für Gattungen und Ordnungen.

Es ist hier nicht am Platz zu erörtern, wie die wahren Eigenschaften und somit die natürlichen Verwandtschaften der genannten Formen zu bestimmen sein möchten. Bei den Bastarden müssen vorzüglich die Veränderungen studirt werden, welche sie durch eine Reihe von Generationen erfahren. Handelt es sich um das Verhältniss einer hybriden Pflanze zu ihren Stammeltern, so geben uns ihre äussern Merkmale keinen genügenden Aufschluss, abgesehen davon dass dieselben ungleich taxirt werden. Sie kann genau in der Mitte zwischen beiden Stammformen zu stehen scheinen, und doch in ihren innern Eigenschaften mehr der einen

sich nähern. Diese innern Eigenschaften müssen durch eine Reihe von Generationen auch in den äussern Merkmalen sich offenbaren. Desswegen habe ich in meiner heutigen ersten Mittheilung das Bastardirungsäquivalent, welches den Vererbungsantheil der beiden Stammformen ausdrückt, aus der Zahl der Generationen berechnet, welche bis zur vollständigen Rückkehr zu der einen und andern Art erfordert wird. Ebenso darf aus der äussern Aehnlichkeit von AB und BA nicht auf ihre Identität geschlossen und nicht die Folgerung abgeleitet werden, dass A und B gleich viel zur Bildung des Bastards beitragen, und dass es gleichgültig sei, ob A die Stelle des Vaters oder der Mutter einnehme. Die folgenden Generationen zeigen uns, dass in AB und BA innere Verschiedenheiten vorhanden sind. Es verhält sich mit diesen und andern ähnlichen Beispielen analog wie mit zwei Brüdern, die einander so unähnlich sehen, dass niemand sie als solche erkennt, während dem einen derselben ein fremder Mensch so ähnlich ist, dass man ihn für den Bruder nimmt. In den Kindern wird die wahre Verwandtschaft sichtbar, denn die Kinder der wahren Brüder haben Familieneigenthümlichkeiten (körperliche, geistige, Krankheits-Anlagen) mit einander gemein, die denen des falschen Bruders mangeln.

Die Erkenntniss dieses Grundsatzes, dass das Wesen einer Pflanzenform durch die systematischen Merkmale noch nicht vollkommen ausgedrückt wird, dass dasselbe viel mehr in den gesammten innern Eigenschaften, d. h. in der chemisch-physikalischen Constitution begründet ist, muss auch auf die Methode der Bastardirungsversuche Einfluss gewinnen, wenn diese Lehre überhaupt einen nachhaltigen Fortschritt machen soll. Man muss hier, mehr als irgend anderswo, dem äussern Schein misstrauen. Eine scheinbare Aehnlichkeit sowohl als eine scheinbare Ungleichheit muss sich erst durch ein möglichst allseitiges analoges Verhalten

[redacted]

bestätigen, ehe sie als sicher angenommen werden darf. Die Erzeugung eines Bastards, die Beobachtung desselben bis zur Samenbildung und die Vergleichung mit andern Formen, womit manche neuere Forscher den Versuch als beendigt betrachten, sollte erst den Ausgangspunkt zu einer ganzen Reihe von Versuchen bilden, welche den Bastard zwingen, seine wahren Eigenschaften zu offenbaren. Kölreuter und Gärtner sind in dieser Beziehung die noch unerreichten Vorbilder, obgleich in unserer Zeit die Versuche mit Rücksicht auf die von den genannten Forschern bereits gewonnenen Resultate und mit Rücksicht auf die Fortschritte der Physiologie viel planmässiger und demnach erfolgreicher angestellt werden könnten.

Als Beispiel dafür, wie wichtig es ist, dass man die innern Eigenschaften nicht als durch die äussern Merkmale gegeben betrachte, sondern durch den Versuch feststelle, will ich noch eine der merkwürdigsten Erscheinungen besprechen, die an Bastarden vorkommt und die ich früher nicht erwähnt habe, weil mir die Erklärung noch zweifelhaft ist. Es giebt Bastarde von strauchartigen Gewächsen, welche in ihren äussern Merkmalen die Mitte zwischen den Stammeltern halten, aber einzelne Aeste hervorbringen, die der einen oder andern Stammart sehr ähnlich sehen. Das bekannteste und zugleich interessanteste Beispiel ist Cytisus Adami Poiret, entstanden aus Cytisus Laburnum und C. purpureus. Einzelne Aeste, die an dem hybriden Strauch hervorbrechen, gleichen denen vom gewöhnlichen Goldregen (C. Laburnum) oder denen von C. purpureus so sehr, dass die Beobachter sie geradezu als identisch damit erklären. Auch bringen sie Samen hervor, während C. Adami steril ist.

Die Frage ist nun, ob man es hier mit einem wirklichen Zurückschlagen zu den Stammarten zu thun habe. Offenbar hat die Erscheinung die grösste Analogie mit der

Thatsache, dass die Artbastarde in der zweiten oder einer folgenden Generation nicht selten sich in drei Varietäten spalten, eine mittlere und zwei den Stammeltern sehr nahekommende Formen. Die letztern sind aber nicht identisch mit den Stammarten; sie sind häufig denselben innerlich selbst nicht näher verwandt als die ursprüngliche und in ihren äussern Merkmalen mittlere Bastardpflanze, da sie bei der Fortpflanzung wieder diese mittlere Form und selbst die der andern Stammart ähnliche Varietät hervorbringen können.

Bei Cytisus Adami muss also erst noch durch den Versuch erwiesen werden, ob die dem C. Laburnum und dem C. purpureus ähnlichen Zweige wirklich zurückgeschlagen sind, ob aus ihren Samen (die durch Selbstbefruchtung entstanden sind) Pflanzen aufgehen, die in den systematischen Merkmalen und namentlich auch in der vollkommenen Fruchtbarkeit sich nicht mehr von den reinen Arten unterscheiden, — oder ob nur eine äussere Aehnlichkeit vorhanden ist, und ob aus den Samen Pflanzen erwachsen, die noch mehr oder weniger als hybrid sich kundgeben und vielleicht gar wieder den Cytisus Adami darstellen. Wenn Letzteres auch unwahrscheinlich sein sollte, so kann es nach den vorliegenden Erfahrungen doch nicht als unmöglich bezeichnet werden. Gegen ein wirkliches und vollständiges Zurückgehen spricht auch der Umstand, dass die Veränderung nicht nur ganze Aeste trifft, sondern zuweilen bloss einzelne Blüthen oder bloss einzelne Blüthenblätter oder bloss die halben Blüthenblätter, so dass also in einer Blüthentraube von C. Adami einzelne Blüthen von C. Laburnum oder C. purpureus auftreten, oder dass eine Blüthe, ein Kelch- oder Blumenblatt halb dem Bastard, halb einer Stammart angehört. Letzteres erinnert an die gestreiften Blumenblätter von Varietätenbastarden, an die Weinreben, welche blaue und weisse Beeren in einer Traube

und blau- und weissgestreifte Beeren tragen, an die hell- und dunkelgelb gestreiften Orangen, an die gestreiften Aepfel u. s. w. Naudin berichtet von dem Bastard der Datura Stramonium und D. laevis, dessen Fruchtkapseln auf der einen Seite stachelig, auf der andern Seite glatt waren, und dessen Samen von der stacheligen Seite die Datura Stramonium hervorbrachten, während aus den Samen der glatten Seite D. laevis aufgieng. Auch hier frägt es sich, ob ein wirklicher und vollständiger Rückschlag erfolgt sei.

Die Ermittelung durch vollkommen beweisende Versuche ist um so wünschenswerther, als es sich nicht bloss um die Frage handelt, ob eine innere Umänderung so weit erfolgen kann, dass ein Speciesbastard zu einer der erzeugenden Species wird, sondern auch darum, ob diese Umwandlung in beliebigen Zellen eintreten und sich auf beliebige Theile des Organismus erstrecken könne. Die Beantwortung dieser Frage hat auf die Lösung eines andern allgemeinen Problems Einfluss, nämlich in wie weit die Eigenschaften der väterlichen und mütterlichen Pflanze in dem hybriden Produkt unvermittelt neben einander bestehen und in wiefern sie, nachdem sie mit einander verschmolzen waren, wieder sich trennen können, was Alles durch die Gesetze der innern Zusammenpassung bedingt wäre.

---

23. Die Zwischenformen zwischen den Pflanzenarten.

(Vorgetragen den 16. Februar 1866.)

Es giebt viele Species im Pflanzenreiche, welche scharf von einander geschieden sind, wenn sie auch im Habitus und in den systematischen Merkmalen einander sehr nahe kommen. Unter den Kulturpflanzen bieten uns Apfelbaum und Birnbaum das bekannteste und schönste Beispiel. Unter den wildwachsenden nenne ich die gelben Hahnenfussarten der Ebene Ranunculus bulbosus Lin., R. repens Lin., R. polyanthemos Lin. (mit welchem R. nemorosus DC. als Varietät zu vereinigen ist), R. lanuginosus Lin., R. acris Lin., R. auricomus Lin.

Ebensoviele andere Pflanzenarten sind durch Zwischenformen verbunden, welche bald vereinzelte mittlere Bildungen (Mittelformen), bald auch Reihen von stufenweise oder allmählich in einander übergehenden Verbindungsgliedern (Uebergangsformen) darstellen. Beispiele dafür finden wir in den Gattungen Prunus (Pflaumenbaum und Zwetschenbaum), Rosa, Saxifraga, Cirsium, Hieracium, Verbascum, Digitalis, Salix und vielen andern.

Diese Zwischenformen haben die grösste Bedeutung für die Wissenschaft. Denn einerseits geben sie uns die deutlichsten Fingerzeige für die Verwandtschaften der Species. Anderseits finden wir in ihnen die stärksten Beweise für die Annahme, dass die Species nicht absolut von einander verschieden und dass sie daher aus einander oder aus einem gemeinsamen Ursprung hervorgegangen sind.

Trotzdem oder theilweise gerade desshalb ist den Zwischenformen von den Systematikern allzuwenig Beachtung

geschenkt worden. Der Sammler vernachlässigt sie aus Grundsatz, wenn er in ihnen nicht eine verwendbare Mittelart oder eine ausgeprägte Varietät erblickt. Im Uebrigen hält er sich an die charakteristischen Exemplare und wirft diejenigen wieder weg, welche den Typus der angenommenen systematischen Formen verläugnen.

Der Monograph aber, dem die Bewältigung des übrigen Materials schon Mühe genug macht, legt die unbequemen Zwischenformen, die ihm überdiess von den Sammlern nur spärlich zugehen, einfach bei Seite. Oder er sucht sie so gut als möglich in das hergebrachte Fachwerk von neben einander geordneten Species als Varietäten unterzubringen. Die letztere Behandlung wird der Bedeutung der Zwischenformen ebensowenig gerecht als das Ignoriren derselben. Manchmal werden sie als besondere Arten aufgeführt und den übrigen Species coordinirt; diess ist aber gleichfalls kein ausreichender Behelf, weil dabei die Zwischenformen (zwischen den neuen Arten) abermals vernachlässigt werden. Endlich erscheinen sie auch als Bastarde, und damit als anerkannte Uebergänge. Die letztere Behandlungsart ist unter den bisherigen in Bezug auf die systematische Bedeutung sicher die richtigste, wenn sie auch mit Rücksicht auf die hybride Natur sehr oft falsch sein mag.

Ich will zuerst untersuchen, durch welche Kriterien wir erkennnen können, ob eine Zwischenform hybriden Ursprungs sei oder nicht, und nachher die Bedeutung und die Behandlung der Zwischenformen in der Systematik besprechen.

Es giebt wohl keinen Punkt, über den die Systematiker so ungleicher Ansicht wären, wie über die Hybridität der wildwachsenden Pflanzen. Während einzelne in jeder auffallenden oder abweichenden Form einen Bastard vermuthen, giebt es wieder andere, die keinen solchen gelten lassen. Man könnte somit meinen, dass es zwei Parteien unter den Systematikern gebe, Hybridisten und Nichthybridisten, und

so stellt es Fries in der Epicrisis generis Hieraciorum dar, indem er die Schwindeleien der Hybridisten geisselt. Ich will hiegegen keine Einsprache erheben, denn ich muss sogar zugeben, dass ihre grössten Sünden in der genannten Gattung nicht einmal aufgedeckt wurden.

Sollen wir aber desswegen das Kind mit dem Bade ausschütten und eine Sache verdammen, weil sie missbraucht worden ist? Soll es gar keine Bastarde geben, weil leichtfertiger Weise mancher Irrthum rücksichtlich der Hybridität begangen wurde? Wenn wir so verfahren wollten, würde keine Lehre und keine Methode der Wissenschaft Gnade finden können, und wir müssten vor Allem das Hülfsmittel, dem die Botanik ihren Aufschwung verdankt, das Mikroskop und seine wissenschaftlichen Ergebnisse von uns weisen.

Nach meiner Ansicht haben wir nicht zwischen zwei Parteien, Hybridisten und Nichthybridisten unsere Position zu wählen, was manchem gewissenhaften und besonnenen Forscher schwer fallen möchte. Wie in der Politik, so giebt es auch in dieser wissenschaftlichen Frage nicht zwei, sondern vier Standpunkte, nach denen sich die Meinungen gruppiren, die äusserste Linke und die äusserste Rechte, das linke und das rechte Centrum. Die beiden Ultras sind die Hybridomanen und die Hybridophoben.

Die Hybridomanen nehmen mit allzugrosser Leichtigkeit Bastarde an. Eine etwas abweichende Form, die nicht sogleich an ihr Schema der Species passt, gilt als Bastard der nächsten besten, auf dem gleichen Standort vorkommenden Arten, und wenn es sich um getrocknete Exemplare handelt, zweier beliebiger ähnlicher Arten, wenn auch im erstern Falle die Merkmale, welche nach den Erfahrungen über die Bastardbildung dem hybriden Produkt zukommen sollten, im zweiten Falle die Merkmale und das Vorkommen widerstreben. Man hat selbst Pflanzen, die man weder frisch noch trocken gesehen, als Bastarde von Arten erklärt, die

gar nicht da vorkommen, wo der angebliche Bastard wächst. Die gröbsten Irrthümer begieng bekanntlich Linné; aber es war zu einer Zeit, wo man auf experimentellem Wege die vegetabilischen Bastarde noch gar nicht kannte, und wo von einer strengern Methode in physiologischen Dingen überhaupt noch keine Rede war.

Die Hybridophoben verhalten sich absolut verneinend. Sie verwerfen ohne weitere Untersuchung alle oder nahezu alle Bastarde; oder sie halten dieselben wenigstens, als zufällige und vorübergehende Bildungen, nicht werth einer besondern Beachtung und Erwähnung. Da nun aber die wirklichen Artbastarde ganz auszeichnete systematische Formen sind, so werden sie von den bastardscheuen Autoren theils als Varietäten, theils als Arten neben den wirklichen Varietäten und Arten aufgeführt.

Wir finden die Hybridomanen vorzüglich unter den Floristen, welche auf ihren zahlreichen Excursionen und beim Sammeln von vielen Exemplaren einen tiefen Eindruck von der Vielförmigkeit der Arten und von dem Vorhandensein mannigfaltiger Zwischenformen in sich aufgenommen haben, — die Hybridophoben eher unter den Monographen, welche das zu bearbeitende Material grösstentheils nur in getrockneten Exemplaren gesehen haben, und denen daher die wesentlichste Bedingung für die richtige Beurtheilung mangelt.

Zwischen diesen beiden Extremen giebt es zwei berechtigte Standpunkte für die Beurtheilung der Zwischenformen. Sie sind berechtigt, weil sie sich auf die Kenntniss der Thatsachen stützen, die man an den künstlichen Bastarden gewonnen hat, und weil sie beide die Gesetze der Bastardbildung für sich in Anspruch nehmen können. Ueber eine ganze Zahl von hybriden Formen müssen alle Beobachter, welche die Pflanzen und ihr Vorkommen genau kennen und denen die Lehre von der hybriden Befruchtung, wie sie sich auf experimentellem Wege ausgebildet hat, nicht fremd ist,

übereinstimmen. Ueber eine andere grosse Menge von Zwischenformen lassen sich mit fast gleichem Rechte zwei Ansichten verfechten; man kann dieselben, ohne mit dem heutigen Stande der Wissenschaft in allzugrossen Widerspruch zu kommen, als hybrid oder als nicht hybrid bezeichnen. Die Anhänger der unveränderlichen Arten werden geneigt sein, der Hybridität eine grössere Ausdehnung zu geben, die Anhänger der Transmutationslehre werden sie dagegen mehr beschränken wollen. Jene sind mit Grund als Hybridisten diese als Nichthybridisten, beides in gutem Sinne, zu bezeichnen.

Ueber den Ursprung der Zwischenformen weiss man natürlich durch unmittelbare Beobachtung nichts. Nur aus wenigen Gattungen, nämlich Verbascum, Digitalis, Hieracium, Salix, Triticum mit Aegilops, hat man auf künstlichem Wege einzelne wenige Bastarde gezogen, die mit den im wilden Zustande vorkommenden identisch sind. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist man darauf angewiesen, aus den Eigenschaften einer Pflanze und aus ihrem Vorkommen die Gründe zu entnehmen, warum man sie für hybrid oder nicht hybrid erklärt. Für die Bastardnatur einer wildwachsenden Pflanzenform gelten nach den Erfahrungen der künstlichen Befruchtung (vgl. die Mittheilungen vom 15. December und vom 13. Januar) folgende Normen.

1) Der Bastard ist in seinem ganzen vegetativen Aufbau sammt Blüthenstand und Blüthendecken, meistens auch in den Staubgefässen und Stempeln eine durchaus normale Erscheinung und unterscheidet sich in keiner Weise von allen übrigen Pflanzen. Wir können also einer Pflanze nicht unmittelbar ansehen, ob sie hybriden Ursprungs sei oder nicht.

Hierüber sind alle Experimentatoren, welche künstliche Bestäubungen ausgeführt haben, einstimmig; und Gärtner, der die meisten Bastarde beobachtete, hebt diess auch aus-

drücklich hervor. Daher ist nicht recht begreiflich, wenn Systematiker etwa als Einwurf gegen die Bastardnatur einer getrockneten Pflanze geltend machen, dass sie „an derselben nichts Hybrides sehen". Wenn man auch Thierbastarde an den unvollkommenen Geschlechtsorganen erkennt, so haben die hybriden Pflanzen an den vegetativen sowie an den Fortpflanzungswerkzeugen weder etwas Monstroses noch überhaupt etwas, was nicht auch an reinen Formen vorkäme.

2) Da die Artbastarde häufig fruchtbar und die Individuen der reinen Arten nicht selten unfruchtbar sind, so erlaubt die vollkommne oder unvollkommne Beschaffenheit der Geschlechtsorgane für sich noch kein Urtheil über die Natur eines Gewächses. Aus der Sterilität der männlichen und weiblichen Organe lässt sich nicht ohne Weiteres auf Hybridität und aus der Fruchtbarkeit derselben nicht auf reine Abstammung schliessen.

Sprechen andere Gründe dafür, dass eine Form hybriden Ursprungs sei, so wird gänzliche oder theilweise Unfruchtkeit derselben immer ein Gewicht mit in die Waagschale legen. Aber es ist nicht zu vergessen, dass auch bei den reinen Arten unter ungünstigen Umständen oder in Folge üppiger vegetativer Entwickelung oder in Folge von reichlicher Knollen- und Brutknospenbildung einzelne Individuen oder auch ganze Klassen von Individuen steril sind.

Erscheint ferner eine Form aus andern Gründen als nicht hybrid, so wird eine grosse Fruchtbarkeit derselben eine weitere Stütze für diese Ansicht abgeben. Aber wir werden nie, wie es manche Systematiker zu [illegible] pflegen, einer Pflanze die Möglichkeit der hybriden [illegible]-sprechen dürfen, weil sie reife Samen [illegible] sie vollkommen ausgebildete und [illegible] körner hervorbringt. Beides wäre [illegible] vielen Ergebnissen der Bastardirungs[illegible]

übereinstimmen. Ueber eine andere grosse Menge von Zwischenformen lassen sich mit fast gleichem Rechte zwei Ansichten verfechten; man kann dieselben, ohne mit dem heutigen Stande der Wissenschaft in allzugrossen Widerspruch zu kommen, als hybrid oder als nicht hybrid bezeichnen. Die Anhänger der unveränderlichen Arten werden geneigt sein, der Hybridität eine grössere Ausdehnung zu geben, die Anhänger der Transmutationslehre werden sie dagegen mehr beschränken wollen. Jene sind mit Grund als Hybridisten diese als Nichthybridisten, beides in gutem Sinne, zu bezeichnen.

Ueber den Ursprung der Zwischenformen weiss man natürlich durch unmittelbare Beobachtung nichts. Nur aus wenigen Gattungen, nämlich **Verbascum**, **Digitalis**, **Hieracium**, **Salix**, **Triticum** mit **Aegilops**, hat man auf künstlichem Wege einzelne wenige Bastarde gezogen, die mit den im wilden Zustande vorkommenden identisch sind. In der grossen Mehrzahl der Fälle ist man darauf angewiesen, aus den Eigenschaften einer Pflanze und aus ihrem Vorkommen die Gründe zu entnehmen, warum man sie für hybrid oder nicht hybrid erklärt. Für die Bastardnatur einer wildwachsenden Pflanzenform gelten nach den Erfahrungen der künstlichen Befruchtung (vgl. die Mittheilungen vom 15. December und vom 13. Januar) folgende Normen.

1) **Der Bastard ist in seinem ganzen vegetativen Aufbau sammt Blüthenstand und Blüthendecken, meistens auch in den Staubgefässen und Stempeln eine durchaus normale Erscheinung und unterscheidet sich in keiner Weise von allen übrigen Pflanzen. Wir können also einer Pflanze nicht unmittelbar** [illegible] **hybriden Ursprungs sei oder nicht.**

[illegible] atoren, welche künstliche [illegible] istimmig; und Gärtner, [illegible] tete, hebt diess auch aus-

drücklich hervor. Daher ist nicht recht begreiflich, wenn Systematiker etwa als Einwurf gegen die Bastardnatur einer getrockneten Pflanze geltend machen, dass sie „an derselben nichts Hybrides sehen". Wenn man auch Thierbastarde an den unvollkommenen Geschlechtsorganen erkennt, so haben die hybriden Pflanzen an den vegetativen sowie an den Fortpflanzungswerkzeugen weder etwas Monstroses noch überhaupt etwas, was nicht auch an reinen Formen vorkäme.

2) Da die Artbastarde häufig fruchtbar und die Individuen der reinen Arten nicht selten unfruchtbar sind, so erlaubt die vollkommne oder unvollkommne Beschaffenheit der Geschlechtsorgane für sich noch kein Urtheil über die Natur eines Gewächses. Aus der Sterilität der männlichen und weiblichen Organe lässt sich nicht ohne Weiteres auf Hybridität und aus der Fruchtbarkeit derselben nicht auf reine Abstammung schliessen.

Sprechen andere Gründe dafür, dass eine Form hybriden Ursprungs sei, so wird gänzliche oder theilweise Unfruchtkeit derselben immer ein Gewicht mit in die Waagschale legen. Aber es ist nicht zu vergessen, dass auch bei den reinen Arten unter ungünstigen Umständen oder in Folge üppiger vegetativer Entwickelung oder in Folge von reichlicher Knollen- und Brutknospenbildung einzelne Individuen oder auch ganze Klassen von Individuen steril sind.

Erscheint ferner eine Form aus andern Gründen als nicht hybrid, so wird eine grosse Fruchtbarkeit derselben eine weitere Stütze für diese Ansicht abgeben. Aber wir werden nie, wie es manche Systematiker zu thun pflegen, einer Pflanze die Möglichkeit der hybriden Abstammung absprechen dürfen, weil sie reife Samen erzeugt, oder weil sie [illegible] sgebildete und befrucht[illegible]
kö[illegible]. Beides wäre im Wid[illegible]
[illegible] der Bastardirungsversuch[illegible]

3) Die Bastarde sind eine gesetzmässige Zwischenbildung, indem sie ihre Eigenschaften von den beiden elterlichen Arten meistens in nahezu gleichem Maasse geerbt haben. Ein Hinausgreifen über dieselben kommt nur in sehr beschränkter und auch ganz bestimmter Weise vor, indem das geschlechtliche Reproductionsvermögen geschwächt und die vegetativen Thätigkeiten besonders angeregt sind. Wir dürfen daher eine Pflanze nur dann als hybrid in Anspruch nehmen, wenn ihre systematischen Merkmale jenen Anforderungen entsprechen.

Wenn es sich um die Bastardnatur einer Pflanze handelt, so ist das erste und wichtigste Kriterium, dass sie eine Mittelform zwischen zwei bestimmten Arten sei. Diese Forderung wird so häufig ausser Acht gelassen. Wie viele Formen sind für Bastarde von zwei andern erklärt worden, wo die Unmöglichkeit handgreiflich vorliegt, sei es dass die wesentlichen Merkmale gar nicht von der einen der beiden Arten abweichen und höchstens eine Varietätverschiedenheit bedingen, sei es dass die fragliche Pflanze eine (hybride oder nicht hybride) Mittelform zwischen zwei andern Arten als den angegebenen ist. Exempla sunt odiosa. Es wäre das Nämliche, wenn man den Pony als Bastard des Pferdes und des Esels oder das Maulthier als Bastard des Pferdes und des Zebras ausgeben wollte. Für die richtige Deutung einer hybriden Form ist eine noch viel genauere und vollständigere Untersuchung und eine viel sorgfältigere Vergleichung mit den Stammarten nöthig, als wenn es sich um Unterscheidung von Species und Varietäten handelt.

Für die richtige Beurtheilung der Bastarde ist namentlich daran zu erinnern, dass die constantesten und wichtigsten Merkmale am genauesten die Mitte zwischen den Stammarten halten, dass dagegen ein Charakter um so eher sich der einen Art nähern kann, je unwichtiger er ist (vgl. § 7

in der Mittheilung vom 15. Decemb. 1865). Diese Thatsache, welche in zweifelhaften Fällen die Frage, ob eine Pflanze der Bastard von zwei bestimmten andern Pflanzen sein könne, zu entscheiden vermag, dient in andern Fällen, wo man einen unzweifelhaften Bastard hat, dazu, die grössere oder geringere Constanz der Merkmale nachzuweisen.

Es giebt Systematiker und Floristen, die sich unter einem Bastard eine vage launenhafte Bildung, auch wohl eine Missbildung vorstellen. Finden sie nun eine abweichende, ungewöhnliche und seltene Form, so trägt dieselbe nach ihrer Meinung das Mal der unreinen Abkunft an der Stirne, und die nächsten besten Arten werden als Eltern angesprochen. Diess ist ein längst überwundener Standpunkt. Die Bastarde sind mit Rücksicht auf ihre systematischen Merkmale ein durchaus gesetzmässiges und constantes Produkt. Zwei Arten geben bei vielfach wiederholten Kreuzungen immer wieder die nämliche Bastardform. Kölreuter und Gärtner, deren Versuche um einen Zwischenraum von 100 Jahren aus einander liegen, haben von den gleichen Eltern genau die gleichen Hybriden erhalten.

Wenn das Urtheil nicht jeden wissenschaftlichen Halt verlieren soll, so muss die Forderung, dass der Bastard eine Mittelform zwischen den beiden Stammarten darstelle, in aller Strenge aufrecht erhalten werden. Nur in unwesentlichen Merkmalen kann der Bastard über seine Eltern hinausgehen. Er ist geneigt grösser und üppiger zu werden, die Blüthezeit etwas früher zu beginnen und etwas später zu beendigen, zahlreichere, grössere und länger dauernde Blüthen zu bilden, die Farben und Gerüche zu steigern, eine längere Lebensdauer und eine härtere Natur anzunehmen.

4) Zwischen zwei Formen giebt es nur Eine hybride Mittelform, da es für die systematischen Merkmale derselben gleichgültig ist, ob die eine oder an-

dere der elterlichen Formen bei der Befruchtung als Vater mitgewirkt habe. Dagegen kann der Bastard Varietäten bilden, welche sich den Eltern in unregelmässiger Weise nähern.

Es ist bei den Systematikern immer noch ein beliebtes Verfahren, unter den Bastarden zweier Arten A und B zwei verschiedene Mittelformen zu unterscheiden, von denen die eine A zum Vater und B zur Mutter hat, die andere sich im umgekehrten Abstammungsverhältniss befindet. Die Bastardform AB soll in den Blüthen dem Vater A, in den Blättern, Stengel und Wurzel der Mutter B gleichen; BA soll dagegen die Blüthen von B, die vegetativen Organe von A haben.

Ich war selbst früher in diesem Irrthum befangen und habe zu seiner Verbreitung mit beigetragen (Dispositio specierum generis Cirsii in Koch Synopsis fl. germ. et helv. Edit. II 1845). Es war freilich das Gegentheil von Kölreuter in bestimmtester Weise ausgesprochen worden. Allein spätere Experimentatoren hatten seine Autorität, selbst seine Glaubwürdigkeit in Zweifel gezogen, und einen bestimmten Einfluss der väterlichen und mütterlichen Pflanze behauptet. Auch hatte ich in einigen Fällen zwei verschiedene Bastardformen des nämlichen Elternpaars beobachtet, welche die gewöhnliche Annahme zu unterstützen schienen.

Seit Gärtner seine zahlreichen und sorgfältigen Versuche über Bastardbildung vollständig publizirte (1849), musste freilich der Irrthum aufgegeben werden. Derselbe wies mit den schlagendsten Thatsachen nach, dass Kölreuter seine Versuche aufs Genaueste angestellt, dass er richtig beobachtet und überall nur die Wahrheit berichtet hat, während es dagegen seinen Nachfolgern und Gegnern an Talent zum Experimentiren und Beobachten sowie an kritischem Urtheil fehlte.

Dagegen zeigte Gärtner, dass ein Bastard in der

zweiten und den folgenden Generationen Varietäten bildet, die sich den Stammarten nähern, und dass diese Varietäten ausnahmsweise auch schon in der ersten Generation auftreten können. Ohne Zweifel sind die Formen von wildwachsenden Bastarden, die man als Produkte der wechselseitigen Kreuzung (AB und BA) erklärt hat, zum Theil solche Varietäten. Zum Theil aber mögen sie aus der Befruchtung des Bastards durch die eine Stammart entstanden sein.

5) Die hybride Befruchtung durch den fremden Pollen findet statt, wenn während einer gewissen, oft nur kurzen Zeit der weiblichen Reife der eigene Blüthenstaub von der Narbe fern bleibt. Da Letzteres in Folge von temporärer männlicher Unfruchtbarkeit oder von ungleichzeitiger Reifung der Geschlechtsorgane öfters eintreten muss, so werden, da die Insekten und theilweise der Wind für fremde Bestäubung hinreichend sorgen, auch die Bastarde in der freien Natur sich häufig bilden.

Es wird gewöhnlich der Satz ausgesprochen, dass die hybride Befruchtung eine seltene und exceptionelle Erscheinung sei. Wenn wir aber die Bedingungen erwägen, unter denen sie nach den bekannten Thatsachen erfolgen muss, so werden wir anders urtheilen. Die Anwesenheit des eigenen Blüthenstaubs macht allerdings die Bastardbefruchtung unmöglich. Aber nicht immer werden die Narben im Momente, wo sie conceptionsfähig geworden, mit eigenem Pollen bestäubt.

Es giebt verschiedene Ursachen, warum diess nicht eintritt. Die weiblichen Organe können ausnahmsweise früher oder später sich entwickeln als die männlichen; sie können zu einer Zeit conceptionsfähig werden, wo die Antheren noch nicht verstäuben, oder wo sie schon verstäubt sind. Es kann ferner in Folge eines vorübergehenden Witterungseinflusses (Hitze, Trockenheit, Nässe, Kälte etc.)

beim Beginn der Conceptionsfähigkeit befruchtungsfähiger eigener Pollen mangeln, während fremder Pollen, der weniger gelitten hat, oder der sich früher bei günstigerer Witterung bildete, vorhanden ist. Endlich ist die Möglichkeit gegeben, dass aus irgend welchen andern zufälligen Ursachen (sei es dass die Antheren in Folge unvollkommner Ausbildung der Wandung nicht aufspringen, sei es dass im günstigen Moment keine Insekten auf die Blüthe kommen oder nur fremden Pollen auftragen u. s. w.) eigener Blüthenstaub nicht auf die Narbe gelangt. Wenn die fremden Pollenkörner nur kurze Zeit, bei manchen Pflanzen wenige Stunden, auf der Narbe sich allein befinden, so tritt hybride Befruchtung ein.

Es ist daher eine ganz ungerechtfertigte Behauptung, die Bastarde seien bloss eine künstliche Erscheinung, die dem wilden Naturzustande mangle. Unter gleichen Umständen muss hier wie dort das Nämliche eintreten. Zur Uebertragung des fremden Pollens ist nicht der Pinsel des Experimentators nothwendig; die Insekten sind unermüdliche Experimentatoren, welche diese Versuche auf viel bessere und manierlichere Weise zu vollziehen wissen. Zur Castration bedarf es nicht des Messers; die Natur führt auf hundert verschiedene Arten die Ausschliessung des eigenen Pollens herbei.

Aus den angegebenen Gründen müssen wir annehmen, dass sehr zahlreiche Veranlassungen zu hybrider Befruchtung gegeben seien und dass sehr oft hybride Samen gebildet werden. Immerhin wird die Zahl der letztern gegenüber den Samen reinen Ursprungs gering sein. — Von allen Samen, die während einer Vegetationsperiode gebildet werden, keimt aber nur ein kleiner Bruchtheil, vielleicht bloss der hundertste oder tausendste Theil. Wenn auf einem Standorte von zwei Arten jährlich 10 hybride Samen erzeugt werden, so würde demnach bloss alle 10 oder alle 100 Jahre

einer derselben zum Keimen gelangen. Ueberdem ist es häufig der Fall, dass die hybriden Samen langsamer keimen und dass sie somit gegenüber den Samen reinen Ursprungs im Nachtheil sind, so dass die Verhältnisszahl der aufwachsenden Pflanzen für sie noch geringer ausfällt.

Wenn somit auch die hybride Befruchtung nicht selten statt findet, so müssen doch die Bastarde zwischen Arten eine relativ seltene Erscheinung sein, und zwar um so seltener, je weiter die Arten von einander entfernt sind. Zwischen nahe verwandten Species, besonders zwischen denjenigen, die von manchen Autoren als Varietäten in Anspruch genommen werden, trifft man hie und da Bastarde. Noch viel häufiger sind sie zwischen den wirklichen Varietäten oder Racen.

6) Die Speciesbastarde haben in der Regel entweder ganz unfruchtbare oder geschwächte Fortpflanzungsorgane. Im letztern Falle bilden sie durch Selbstbefruchtung eine geringe Zahl keimfähiger Samen und sterben nach einigen wenigen oder nach mehreren Generationen aus. Die Bestäubung durch eine der beiden Stammarten schliesst aber die Selbstbefruchtung ganz aus und der Bastard kehrt zu dieser Stammart zurück. Die hybriden Mittelformen zwischen den Arten haben somit gewöhnlich keinen Bestand und verschwinden nach kurzer Zeit wieder. Sie treten je nach der Verwandtschaft der Stammformen auf dreierlei Weise auf:

A. als Mittelform, die in äusserst wenigen gänzlich unfruchtbaren Individuen vertreten ist, ohne Uebergänge zu den Stammarten: bei Species mit geringster Verwandtschaft;

B. als spärliche Mittelform mit geringer Fruchtbarkeit und mit einzelnen Uebergangsformen nach

beim Beginn der Conceptionsfähigkeit befruchtungsfähiger eigener Pollen mangeln, während fremder Pollen, der weniger gelitten hat, oder der sich früher bei günstigerer Witterung bildete, vorhanden ist. Endlich ist die Möglichkeit gegeben, dass aus irgend welchen andern zufälligen Ursachen (sei es dass die Antheren in Folge unvollkommner Ausbildung der Wandung nicht aufspringen, sei es dass im günstigen Moment keine Insekten auf die Blüthe kommen oder nur fremden Pollen auftragen u. s. w.) eigener Blüthenstaub nicht auf die Narbe gelangt. Wenn die fremden Pollenkörner nur kurze Zeit, bei manchen Pflanzen wenige Stunden, auf der Narbe sich allein befinden, so tritt hybride Befruchtung ein.

Es ist daher eine ganz ungerechtfertigte Behauptung, die Bastarde seien bloss eine künstliche Erscheinung, die dem wilden Naturzustande mangle. Unter gleichen Umständen muss hier wie dort das Nämliche eintreten. Zur Uebertragung des fremden Pollens ist nicht der Pinsel des Experimentators nothwendig; die Insekten sind unermüdliche Experimentatoren, welche diese Versuche auf viel bessere und manierlichere Weise zu vollziehen wissen. Zur Castration bedarf es nicht des Messers; die Natur führt auf hundert verschiedene Arten die Ausschliessung des eigenen Pollens herbei.

Aus den angegebenen Gründen müssen wir annehmen, dass sehr zahlreiche Veranlassungen zu hybrider Befruchtung gegeben seien und dass sehr oft hybride Samen gebildet werden. Immerhin wird die Zahl der letztern gegenüber den Samen reinen Ursprungs gering sein. — Von allen Samen, die während einer Vegetationsperiode gebildet werden, keimt aber nur ein kleiner Bruchtheil, vielleicht bloss der hundertste oder tausendste Theil. Wenn auf einem Standorte von zwei Arten jährlich 10 hybride Samen erzeugt werden, so würde demnach bloss alle 10 oder alle 100 Jahre

[redacted]

seien, je ähnlicher sie der Stammart geworden, weil in gleichem Maasse die Fruchtbarkeit zugenommen hat. Diess wäre aber ein unrichtiger Schluss, und in der That findet man diese sogenannten zurückkehrenden Formen vieler Bastarde nur sehr spärlich und selbst in viel geringerer Zahl als die ursprüngliche hybride Form selbst. Der Grund liegt darin, dass der Bastard viel seltener befruchtet wird als die hybride Bestäubung zwischen den Stammarten erfolgt. Denn er hat geschwächte Geschlechtsorgane und ist nur in einzelnen wenigen Individuen vorhanden, während die Stammarten nach Hunderttausenden und Millionen zählen. Es werden daher viel mehr hybride Samen der ersten, als der zweiten Generation gebildet.

Sind die Arten einander ziemlich nahe verwandt, was die dritte Kategorie (C) bedingt, so treten die Bastarde in grösserer Menge auf. Dieselben sind männlich und weiblich zeugungsfähiger als in der zweiten Kategorie. Sie werden aber immerhin leichter durch ihre Stammarten befruchtet, als durch sich selbst. Die Individuenzahl der zurückkehrenden Formen übertrifft die des ursprünglichen Bastardes und nimmt um so mehr zu, je ähnlicher die Pflanzen einer Stammart geworden sind. Die Bastarde können meist auch sich selbst befruchten, und eine variable Nachkommenschaft bilden, wodurch die Vielförmigkeit der hybriden Gestalten zwischen den beiden Arten erhöht wird.

Wie diese Arten mit naher Verwandtschaft verhalten sich auch die constanten Varietäten oder Unterarten. Sie sind durch eine Reihe hybrider Uebergangsformen verbunden, welche um so zahlreicher werden, je mehr sie sich einer Stammform nähern, und die oft so vielförmig sind, dass fast keine Pflanze der andern gleich ist.

Aber selbst in dem letztern Falle geben sich die hybriden Formen schon durch ihre verhältnissmässig geringe Individuenzahl zu erkennen. Wenn auch der Sammler auf

einem grössern Standorte seine halbe oder ganze Centurie von der Mittelform auftreibt, so ist diess immer nur ein kleiner Bruchtheil von der Menge, in der die Stammformen vorhanden sind.

Einjährige Bastarde, selbst der dritten Kategorie, sind auf ihren Standorten nie constant vorhanden. Sie erscheinen in einem Jahr und bleiben in einem andern aus. Perennirende Bastarde der dritten Kategorie kommen zwar auf der nämlichen Localität beständig vor, weil sie sich wenigstens auf geschlechtslosem Wege erhalten. Sie können aber durch Sammler leicht ausgerottet werden, weil sie sich nicht jedes Jahr, vielleicht nicht jedes Jahrzehend bilden. Die perenirenden Bastarde der ersten und zweiten Kategorie sind auf ihren Standorten nie constant vorhanden.

7) Während die in § 1—6 enthaltenen Normen festbegründet erscheinen und die in § 6 aufgeführten Mittelformen sicher hybriden Ursprungs sind, giebt es andere Zwischenformen, welche durch grössere Individuenzahl, durch vollkommene Fruchtbarkeit und Constanz sich auszeichnen, und von denen es zweifelhaft bleibt, wie sie entstanden sind. Sie treten in dreierlei Weise auf:

A. als isolirte Mittelform; die Lücken zwischen ihr und den beiden Hauptarten sind meistens durch spärliche hybride Uebergänge ausgefüllt;

B. als zwei oder mehrere isolirte Zwischenformen, die stufenförmig von einer Hauptart zur andern hinüberführen; die Lücken zwischen ihnen selber, sowie zwischen ihnen und den Hauptformen sind durch spärliche hybride Uebergänge vermittelt;

C. als unmerkliche Uebergangsreihe zwischen den beiden Hauptarten, in welcher alle Glieder in

zahlreichen und vollkommen fruchtbaren Individuen repräsentirt sind.

Für die Hybridität dieser constanten Zwischenformen scheint der Umstand zu sprechen, dass sie fast ausnahmslos bloss in Gemeinschaft mit beiden Hauptformen auftreten. Dagegen sprechen die Erfahrungen der künstlichen Bastardbildung, wonach es undenkbar ist, dass in Gegenwart der Stammarten sich ein oder mehrere hybride Mittelglieder zu constanten und morphologisch isolirten Formen ausbilden. Bemerkenswerth ist noch die Thatsache, dass künstlich gezogene oder wildwachsende Bastarde den constanten Zwischenformen der nämlichen Arten sehr ähnlich sehen, aber von denselben durch die mangelnde Beständigkeit verschieden sind.

Ueber die in § 6 aufgeführten Mittelformen, welche sich durch ihre verhältnissmässig geringe Individuenzahl und ihre Unbeständigkeit in der Dauer auszeichnen, kann bei denen, welche sich mit den Erfahrungen über die Bastardbildung vertraut gemacht haben, keine Meinungsverschiedenheit bestehen. Es giebt nur die eine Möglichkeit, sie als Bastarde zu betrachten. Anders verhält es sich mit den in § 7 erwähnten Zwischenformen, welche sich wie reine Formen fortpflanzen und daher auch in grösserer Menge auftreten. Ueber viele derselben ist mit Berücksichtigung aller bis jetzt bekannten Erfahrungen eine doppelte Ansicht möglich; man kann ihre hybride Natur verfechten und bestreiten.

In den Mittheilungen vom 15. Dezember 1865 § 3 und vom 13. Januar 1866 habe ich angegeben, dass aus einem Artbastard durch Inzucht eine constante Form hervorgehen kann. Die Mittheilungen Gärtner's, Herbert's und Kölreuter's betreffend die Fruchtbarkeit der Bastarde in der ersten und den folgenden Generationen lassen darüber

keinen Zweifel. Die hybride Verbindung von Triticum vulgare Lin. und Aegilops ovata Lin. mit der Abstammungsformel V—VO giebt uns ein Beispiel eines constant gewordenen abgeleiteten Bastards.

Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass solche Resultate nur in der Kultur erhalten werden können, wo die Inzucht durch Ausschliessung der Befruchtung von Seite der Stammarten gesichert ist. Im wilden Zustande befinden sich die wenigen Bastardindividuen unter zahlreichen Pflanzen der Stammarten. Sie werden nur selten zur Selbstbefruchtung gelangen, da der stammelterliche Pollen die Wirksamkeit des eigenen unmöglich macht. Die Nachkommenschaft des Bastardes muss daher vorzüglich aus Formen bestehen, die zu den Stammarten zurückkehren. Nach den jetzt bekannten Thatsachen der künstlichen Bastardirung ist es im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass ein Bastard unter den Eltern zu einer sich constant fortpflanzenden Form werde; die Befruchtung durch die Stammarten arbeitet unablässig daran, ihn wieder zu denselben zurückzuführen.

Man könnte zu der Vermuthung geneigt sein, dass ein hybrider Same einmal durch Winde oder durch Thiere an einen Ort hingetragen werde, wo die Stammeltern fehlen, und dass er sich hier durch lange Inzucht zu einer Form ausbilde, in welcher die Merkmale eine grosse Constanz erlangt haben, und die sich daher gegenüber den Stammarten als eine gleichberechtigte Zwischenrace verhalte. Nehmen wir auch an, dass wirklich einmal der glückliche Zufall es so fügen, und dass von den wenigen hybriden Samen einer dahin gelangen könnte, wo von den Millionen Samen reiner Abkunft durch viele Jahre hindurch keiner hinkommt, so steht diess mit dem Vorkommen aller Zwischenformen im Widerspruch, welche fast nie ohne die beiden Hauptarten und nur ausnahmsweise bloss mit einer einzigen derselben gemeinsam gefunden werden.

Was das systematische Verhalten der constanten Zwischenformen betrifft, so treten die meisten derselben so auf, dass sie gleich einer Insel zwischen zwei Continenten ein ziemlich engbegrenztes Mittelglied bilden, welches durch spärliche hybride Uebergänge mit den beiden Hauptarten verbunden ist. M sei die Mittelform zwischen A und B, so giebt es Bastarde zwischen A und M, sowie zwischen B und M. Diese Bastarde haben den Charakter derjenigen, die man zwischen nahverwandten Arten oder zwischen Unterarten findet (§ 6 C). Bei solchem Verhalten der Mittelform ist ihr hybrider Ursprung durchaus unwahrscheinlich. Man begreift die Lücken zwischen ihr und den Stammarten nicht; dieselben sollten vielmehr mit Uebergängen ausgefüllt sein, die durch grössere Individuenzahl die Mittelform überträfen, wie das bei den Bastarden mit vollkommnerer Zeugungsfähigkeit der Fall ist.

Andere der constanten Zwischenformen treten als zwei oder mehrere ziemlich engbegrenzte Stufenglieder auf, gleich einer Reihe von Inseln zwischen zwei Continenten. A, N, O, B stellen eine Reihe von Formen dar, A und B sind die Hauptarten, N und O die Stufenglieder, von denen N zwischen A und O, und O zwischen N und B steht. Auch hier mangeln die Bastarde zwischen den 4 Formen nicht. Die hybride Abstammung von N und O ist noch unwahrscheinlicher als in dem vorhergehenden Falle. Man müsste annehmen, dass nach Art von Aegilops speltaeformis N die Abstammung A-(A+B) und O die Abstammung B-(A+B) hätte. Die Lücken zwischen A und N, ferner zwischen O und B sollten nach den Regeln der Bastardbildung mit Uebergängen ausgefüllt sein, und diese Uebergänge sollten auch hier, wie in dem vorhergehenden Falle, zahlreicher vertreten sein als N und O selber.

Endlich giebt es noch Zwischenformen, die zwischen den beiden Hauptarten eine unmerkliche Uebergangsreihe

bilden, in welcher alle Glieder gleich zahlreich vertreten sind. Eine solche Reihe kann mit einigem Recht als hybrid angesehen werden, obgleich man immer erwarten möchte, dass die Glieder der Mitte in geringster Individuenzahl erscheinen sollten. Zudem sind diese unmerklichen und gleichmässigen Uebergangsreihen der seltenste Fall für die Art und Weise, wie die Zwischenformen vorkommen.

Ich habe keine Beispiele für das verschiedene Verhalten der Zwischenformen angeführt, weil ich am Schlusse einige zusammenstellen, die wichtigsten aber bei spätern Mittheilungen über die Gattung Hieracium erörtern will.

Die Verfechter der Hybridität können geltend machen, dass die Zwischenformen fast ohne Ausnahme mit den beiden Hauptarten gemeinsam vorkommen, obgleich, wie ich gezeigt habe, gerade dieses Verhalten in gewisser Beziehung gegen den hybriden Ursprung spricht. Sie können den Schluss ziehen, dass diese Vergesellschaftung die Entstehung der Zwischenformen aus den Hauptarten beweise. Allerdings ist es im höchsten Grade auffallend, dass die Mittelform M nicht bloss im Allgemeinen an den Verbreitungsbezirk von A und B gebunden ist, sondern dass sie auch in der Regel nur solche Standorte bewohnt, wo A und B sich befinden. Freilich bleibt diese Schlussfolgerung problematisch, so lange wir nicht etwas Genaueres über die Entstehung der Varietäten und Arten in der freien Natur wissen.

Die Verfechter der Hybridität sind, um ihre Ansicht aufrecht zu erhalten, zu einer Annahme gezwungen, die bis jetzt durch die künstlichen Bastardirungsversuche nicht bestätigt wurde. Sie müssen annehmen, dass gewisse Pflanzen einen Bastard bilden, der grössere Neigung hat, sich selbst zu befruchten, als durch die Stammarten befruchtet zu werden. Es ist diess ein Umstand, der nicht nur mit den Erfahrungen der Bastardzüchter im Widerspruch ist, sondern der uns auch sonst nicht recht einleuchten will. Es scheint

nicht glaublich, dass die hybride Verbindung A + B eine geringere geschlechtliche Affinität zu A und zu B habe als zu sich selbst, dass A + B, als eine Ausnahme unter den Speciesbastarden, bei der Inzucht sich mit vollkommener Fruchtbarkeit fortpflanze, aber mit A und B bloss Verbindungen bilde, welche, wie gewöhnlich die Speciesbastarde, geschwächte Geschlechtsorgane besitzen und zur Selbstbefruchtung weniger fähig seien.

Eine höchst merkwürdige Thatsache ist die, dass scheinbar die gleiche Mittelform bald als unzweifelhafter Bastard bald als selbständige und fruchtbare Form auftreten kann. So giebt Fr. Schultz an, er habe aus der Befruchtung von Hieracium Pilosella mit H. Auricula und mit H. praealtum Bastarde erhalten, welche von den in der freien Natur wachsenden Pflanzen nicht verschieden seien. Diese beiden Mittelformen kommen nach meinen Beobachtungen an den einen Orten nur in wenig Exemplaren zwischen den Stammarten vor und lassen die hybride Abkunft nicht verkennen, während sie an andern Orten in grosser Menge und vollkommen fruchtbar gefunden werden. Ein ähnliches zweifaches Vorkommen zeigen noch mehrere andere Mittelformen von Hieracien, wobei ich jedoch bemerke, dass die hybride und die beständige Form meist nicht vollkommen identisch sind, sondern etwas (bald mehr, bald weniger) von einander abweichen. Auch in andern Gattungen erscheint die nämliche Mittelform bald als Bastard bald als constante Zwischenart, so z. B. diejenige zwischen Cirsium acaule und C. bulbosum, zwischen Primula acaulis und P. officinalis, worüber ich auf die Notizen am Schlusse verweise.

Kommt im wilden Zustande zwischen den Arten A und B eine constante Mittelform M vor, und erhält man durch künstliche hybride Befruchtung von A mit B einen Bastard, welcher derselben gleich zu sein scheint, so darf man dess-

wegen noch nicht auf wirkliche Identität schliessen. Erst wenn der Bastard A + B nach einer Reihe von Generationen in den Merkmalen beständig geblieben ist und die vollkommene Fruchtbarkeit von M erlangt hat, ist man zu der Annahme berechtigt, dass M möglicherweise durch Bastardirung von A und B entstanden sei. Ich sage möglicherweise, denn die Nothwendigkeit zu dieser Folgerung ist damit noch nicht gegeben. Die Mittelform M könnte auf irgend eine andere Weise (durch Transmutation von A in B oder durch Transmutation einer untergegangenen Art in A, M und B) sich gebildet haben. Ergiebt es sich aber aus den Versuchen, dass die Bastarde AB und BA schon von Anfang an unfruchtbar sind oder nach einer Reihe von Generationen an Unfruchtbarkeit zu Grunde gehen, oder dass sie sich einer Stammart nähern, so können wir mit grosser Sicherheit behaupten, dass die Mittelform M nicht hybriden Ursprungs ist. Leider giebt es keine derartige Versuchsreihe, indem die Gärtner'schen und andere Beobachtungen sich auf Bastarde von Arten beziehen, zwischen denen in der freien Natur keine constanten Mittelformen getroffen werden.

Wir haben also bis jetzt keine Gewissheit über die Entstehung der constanten Zwischenformen. Mit Rücksicht auf die Gesetze der Bastardbildung dürfen wir ihren hybriden Ursprung nicht behaupten. Wir sind aber auch nicht im Stande, ihre reine Abkunft absolut zu verbürgen, obgleich sie im Ganzen unendlich viel wahrscheinlicher ist. Die Frage bleibt unentschieden, bis Bastardirungsversuche neues Licht verbreiten; vielleicht kann sie vollständig erst dann gelöst werden, wenn man Genaueres über die Modalitäten weiss, wie die Arten entstanden sind.

Die grosse allgemeine Bedeutung der constanten Zwischenformen liegt darin, dass sie überhaupt existiren. Sie beweisen uns, dass die Arten unter einander und von den Varietäten nicht absolut verschieden sind.

[redacted]

Die Bedeutung der Zwischenformen, mögen sie hybrid oder constant sein, für die Systematik im Speziellen besteht darin, dass sie uns Fingerzeige über die Verwandtschaft der Arten geben. Denn offenbar können wir es nicht für gleichgültig ansehen, ob zwei Species durch Zwischenglieder verbunden sind oder nicht, und ebenso wenig kann es gleichgültig sein, wie diese Zwischenglieder beschaffen sind.

Wenn ich von der Bedeutung der Zwischenformen spreche, so versteht es sich von selbst, dass ich nur wirkliche und nicht vermeintliche Zwischenformen meine. Man trifft nicht selten auf die Angabe, eine Pflanze stehe zwischen zwei andern in der Mitte, obgleich die sorgfältige Würdigung der Merkmale nicht zu diesem Anspruche berechtigt. Von einer Mittelform zweier Arten muss gefordert werden, dass sie nahezu so beschaffen sei, als ob sie aus der hybriden Befruchtung beider entstanden wäre. Ich verweise auf das, was ich oben in § 3 und in der Mittheilung vom 15. Dezember 1865 über die mittlere Bildung der Bastarde gesagt habe.

In der bisherigen Systematik wurden die Zwischenformen bald als Bastarde, bald als Arten, bald als Varietäten und bald gar nicht aufgeführt. Um die Frage zu entscheiden, wie sie natürlicher Weise zu behandeln seien, müssen wir vor Allem zwischen den hybriden und den constanten Zwischenformen unterscheiden.

Die unbeständigen Zwischenformen hybriden Ursprungs dürfen auch nur als solche unter den constanten Formen compariren. Jede andere Behandlungsart ist als unlogisch und widernatürlich zu verwerfen. Es giebt Systematiker, welche prinzipiell sie als Varietäten bei den nächst verwandten Arten unterbringen wollen. Welcher Zoolog würde denn das Maulthier als Varietät des Pferdes oder des Esels einreihen mögen und den Mulatten als Varietät des Caucasiers oder des Negers?

Andere Systematiker wollen die Bastarde aus einer streng wissenschaftlichen Anordnung ganz ausschliessen. Diess lässt sich rechtfertigen, wenn die systematische Bearbeitung bloss den praktischen Zweck hat, die Mittel zur Bestimmung der constanten Formen an die Hand zu geben. Stellt sie sich aber die wissenschaftliche Aufgabe, die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Arten aufzufinden, so dürfen die Angaben über Bastardbildung nicht fehlen, und es sind die künstlichen Befruchtungen, welche die Experimentatoren in Gärten ausführen, eben so sehr zu berücksichtigen, wie diejenigen, welche von den Insekten in der freien Natur zu Stande gebracht werden. Wenn von drei Arten A, B und C, mit denen künstliche Versuche angestellt wurden, A und B sich nicht mit einander befruchten lassen, wenn A und C einen gänzlich sterilen, B und C einen ziemlich fruchtbaren Bastard geben, so sind diese Thatsachen für die Affinitäten von A, B und C ebenso wichtig und von den Monographen ebenso sehr zu berücksichtigen, als die Kennzeichen, welche der äussern Formbildung entnommen sind.

Damit will ich nicht sagen, dass die Bastarde ausführlich beschrieben oder auch nur, dass sie diagnostizirt werden sollen. Diess wird von den Intentionen des Autors abhängen. Ihre Existenz oder Nichtexistenz mit den hauptsächlichsten allgemeinen Angaben über die Modalitäten derselben darf aber jedenfalls nicht mit Stillschweigen übergangen werden.

Was ferner die constanten Zwischenformen betrifft, so ist deren Ausschliessung wohl niemals prinzipiell gefordert worden, wenn dieselben auch zwischen nah verwandten Arten zuweilen ignorirt werden. Sie erscheinen aber in den systematischen Arbeiten in verschiedener Weise, bald als Bastarde, bald als Varietäten, bald als Arten; bald dienen sie auch dazu, um zwei Arten mit einander zu ver-

[redacted]

einigen. Keine dieser Behandlungsweisen kann als logisch und der Natur entsprechend gebilligt werden.

Wenn man die constanten Zwischenformen als Bastarde aufführt, so ist damit ihr systematisches Verhältniss zu den Hauptarten zwar richtig angegeben. Allein damit wird zugleich eine bestimmte Angabe über ihren Ursprung gemacht, die sehr wahrscheinlich unrichtig ist.

Stellt man die Zwischenformen als Varietäten zu den Hauptarten, so macht man damit unrichtige Voraussetzungen über ihre verwandtschaftlichen Beziehungen. Einige Beispiele werden diess deutlich zeigen. Zwischen A und B gebe es eine Mittelform M, welche die Merkmale $\frac{1}{2}$ A + $\frac{1}{2}$ B vereinigt. Sie ist ebenso nahe mit A als mit B verwandt. Ordnen wir sie aber als Varietät bei A oder bei B ein, so sagen wir damit, dass sie viel näher der einen Art stehe als der andern. — Zwischen den Arten A und B gebe es ferner zwei Zwischenformen:

N mit den Merkmalen $\frac{2}{3}$ A + $\frac{1}{3}$ B und

O mit den Merkmalen $\frac{1}{3}$ A + $\frac{2}{3}$ B.

In diesem Falle dürften viele Systematiker nicht anstehen, N als Varietät zu A, und O als Varietät zu B zu ziehen, und damit zwei Arten zu schaffen, deren Varietäten nicht weiter von einander abstehen, als dieselben von ihren Hauptformen entfernt sind. — Zwischen A und B bestehen endlich 5 Zwischenformen, welche mit den Hauptarten die Reihe ergeben:

A, $\frac{5}{6}$A+$\frac{1}{6}$B, $\frac{4}{6}$A+$\frac{2}{6}$B, $\frac{3}{6}$A+$\frac{3}{6}$B, $\frac{2}{6}$A+$\frac{4}{6}$B, $\frac{1}{6}$A+$\frac{5}{6}$B, B.

Die Trennung der Zwischenformen in zwei Gruppen, welche man den beiden Hauptarten A und B zutheilt, wird hier noch unnatürlicher, weil man eine fast continuirliche Formenreihe zerreisst.

Man wird vielleicht einwenden, dass in Wirklichkeit die Formen nicht genau in der Weise auftreten, wie ich es

angegeben habe, und dass ihre Unterbringung als Varietäten durch praktische Rücksichten geboten werde. Was den erstern Einwurf betrifft, so erwiedere ich, dass die drei Beispiele genau in der angegebenen Weise bei der Gattung Hieracium vorkommen, worüber ich auf spätere Mittheilungen verweise. Mit Rücksicht auf den zweiten Einwurf handelt es sich vorerst nicht darum, was zur leichten und sichern Bestimmung praktisch, sondern was der richtige Ausdruck für die vorhandenen Thatsachen sei. Freilich dürfte sich schliesslich überzeugend herausstellen, dass das Natürlichste auch das praktisch Zweckmässigste sei.

Werden die Zwischenformen als Arten in gleicher Reihe neben den Hauptarten aufgezählt, so coordinirt man ungleichwerthige Dinge. Wenn M die Mittelform zwischen A und B ist, so kann sie als constante Form zwar denselben als ebenbürtig angesehen werden, aber mit Rücksicht auf die andern Arten der gleichen Gattung hat sie offenbar einen andern Werth. Eine Gattung wird z. B. durch 6 Hauptarten gebildet A, B, C, D, E und F. Zwischen A einerseits und jeder der übrigen Arten anderseits bestehen Mittelformen mit den Merkmalen $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$, $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}C$, $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}D$, $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}E$, $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}F$; ferner giebt es Mittelformen zwischen B einerseits und C, D, E anderseits, mit den Merkmalen $\frac{1}{2}B + \frac{1}{2}C$, $\frac{1}{2}B + \frac{1}{2}D$, $\frac{1}{2}B + \frac{1}{2}E$; alle übrigen noch denkbaren Zwischenformen mangeln. Behandelt man die 8 aufgezählten Mittelformen als wirkliche Arten neben den 6 Hauptarten, so wird der Schwerpunkt der Gattung verschoben; er wird unnatürlicher Weise gegen A und B hin gerückt. Ueberdem führt man neben den Hauptarten, von denen jede morphologisch etwas Neues und Eigenthümliches ist, in gleicher Linie noch solche auf, welche nichts Neues und Eigenthümliches darbieten, weil ihre Merkmale immer diejenigen zweier Hauptarten vereinigen.

Die Anwesenheit von Zwischenformen, namentlich wenn

dieselben eine Reihe ganz unmerklicher Uebergänge darstellen, kann die Veranlassung geben, um zwei Arten in eine einzige zu verschmelzen. Diess heisst den gordischen Knoten zerhauen, statt ihn zu lösen. Es giebt Gattungen, wo ein solches consequentes Vereinigen zu ganz monströsen, mit unserer gegenwärtigen Vorstellung über specifische Verschiedenheit im grössten Widerspruche stehenden Arten führen würde. Wir müssten zum Beispiel Hieracium albidum, H. prenanthoides, H. vulgatum, H. murorum und H. villosum nebst andern in eine einzige Species zusammenschmieden.

Nachdem ich gezeigt habe, wie die Zwischenformen nicht behandelt werden dürfen, ist es nun leicht zu sagen, in welcher Weise sie zu behandeln sind. Denn es bleibt nur das Eine übrig, sie als das zu geben, was sie sind, nämlich als Zwischenarten. Sie dürfen nicht die laufende Nummer der Arten erhalten und müssen ausdrücklich als Zwischenglieder zwischen den bestimmt genannten zwei Hauptspecies charakterisirt werden; sie sollen, wie die Bastarde, vorzugsweise zur Erläuterung der Verwandtschaft der wirklichen Species dienen.

Eine wichtige Frage ist die Abgrenzung der Hauptarten von den Zwischenformen, mögen diese hybrid oder constant sein. Sind sie beständig, so gehen sie doch ebenfalls durch hybride Mittelglieder in die Hauptarten über. An die letztern schliesst sich daher immer eine ununterbrochene Reihe von Formen an, so dass, wenn nicht ein bestimmter Anhaltspunkt gefunden wird, es dem subjectiven Takt, der in der systematischen Botanik schon so viel auf seinen Schultern und auf seinem Gewissen hat, überlassen bleibt, wie weit er die Hauptart ausdehnen und wo er ihre Grenze ziehen wolle. In der That sehen wir, dass die Autoren in dieser Beziehung sehr ungleicher Meinung sind, dass sie aber fast insgesammt die Grenzen zu weit

ausdehnen. Wenn A, M und B zwei Hauptarten und ihre Mittelart sind, so werden gewöhnlich zu A noch Bastarde von A mit M und zu B noch solche von B mit M gezogen, wodurch die Formenkreise von A und B zu sehr erweitert werden.

Es ist nun leicht sich darüber Gewissheit zu verschaffen, wo eine Hauptart abgegrenzt werden soll; man hat sie nur auf denjenigen Standorten zu untersuchen, wo die Zwischenformen mangeln. Es giebt sehr charakteristische Beispiele dafür, dass eine Hauptart, da wo sie mit den Zwischenformen zugleich vorkommt, sehr variabel erscheint, weil die Bastarde mit ihren zurückkehrenden Formen sich an sie anschliessen, während sie anderwärts ziemlich einförmig auftritt.

Die eben ausgesprochene Regel halte ich theoretisch und praktisch nicht allein für die wichtigste, sondern sogar für die allein massgebende, wenn es sich um die Abgrenzung der Arten vielförmiger und durch Zwischenformen verwickelter Gattungen handelt. In Gegenden, wo Cirsium oleraceum mit einem der Bastarde C. (oleraceum + palustre), C. (bulbosum + oleraceum), C. (acaule + oleraceum), C. (oleraceum + rivulare) zusammen vorkommt, ist es ganz unmöglich anzugeben, wo C. oleraceum aufhört. In einer Gegend, wo Cirsium acaule, C. bulbosum und die Zwischenformen wachsen, kann man weder C. acaule noch C. bulbosum bestimmt abgrenzen. Das Nämliche gilt für C. acaule und C. rivulare, da wo sie zugleich mit den Uebergangsformen auftreten. Man muss diese Arten in Gegenden beobachten und ihre Variabilität bestimmen, wo sie ohne die Zwischenformen, am besten wo sie allein vorkommen.

Als Beispiel will ich das Verhalten von Cirsium acaule noch etwas weiter ausführen. Dasselbe besitzt die Fähigkeit zu caulesciren und hat dann habituell eine grosse

Aehnlichkeit mit C. medium (der Mittelform zwischen C. acaule und C. bulbosum). Man erhält auch oft grössere Formen von C. acaule caulescens unrichtiger Weise als C. medium und kleinere Exemplare von C. medium als C. acaule caulescens bestimmt. Diese Verwechslungen kann man nur dann vermeiden, wenn man C. acaule in Gegenden, wo es allein wächst, studirt hat. In Cherbourg, in dessen Flora C. bulbosum gänzlich mangelt, fand ich die stengelnde Form von C. acaule fusshoch mit oberwärts blattlosem Stengel. Aber diese Pflanze, obgleich habituell dem C. medium ähnlich und von demselben kaum durch bestimmt zu formulirende Kennzeichen zu unterscheiden, hat Blätter und Köpfe von C. acaule und kann, einmal erkannt, gar nicht mehr mit C. medium verwechselt werden [1].

Was die Namengebung der Zwischenformen betrifft, so lege ich darauf, als auf eine Formsache, zwar weniger Gewicht. Doch wäre es wünschbar, wenn ein gleichmässiges Verfahren angenommen würde. Dabei dürfte es sich wohl als naturgemäss und zweckmässig erweisen, wenn man die hybriden und die constanten Zwischenformen ungleich behandelte. Die unzweifelhaften Bastarde sind durch die Vereinigung der Namen ihrer Eltern zu bezeichnen. Man hat

---

1) Mit Cirsium bulbosum ist mir selber früher ein Irrthum begegnet, da mir die aus dem Vorkommen abzuleitende Regel noch nicht bewusst war. Ich habe eine ästige hohe Pflanze als C. bulbosum var. ramosum aufgeführt (Koch Syn. Ed. sec p. 992). Diese Varietät wächst bei Zürich, wo auch C. (bulbosum + palustre) und C. (bulbosum + oleraceum) nebst den zu C. bulbosum zurückkehrenden Formen dieser Bastarde vorkommen. Da ich ähnliche ästige Pflanzen mit kleinbeblätterten Zweigen nirgends finden konnte, wo C. bulbosum allein wächst, so muss ich sie nun als Formen betrachten, die von einem der beiden genannten Bastarde herstammen und die letzte Stufe der Rückkehr zur Hauptart darstellen.

dagegen eingewendet, die zusammengesetzten Namen seien zu lang und unbequem, sie seien allzu unbestimmt und man könne sich nichts dabei denken. Es dürfte schwer halten, solche Aussprüche plausibel zu machen. Meiner Ansicht nach ist das Allerbezeichnendste für einen Organismus seine Abstammung. Die besten Namen für Maulthier und Maulesel sind ohne Zweifel Eselpferd und Pferdesel. Wenn wir uns mit den systematischen Merkmalen des Maulthiers beschäftigen, so müssen wir vor Allem uns vergegenwärtigen, dass es der Bastard vom Esel und Pferd ist. Damit ist seine ganze Natur ausgedrückt. Wenn wir sagen Verbascum spurium Koch, Digitalis purpurascens Roth, Cirsium hybridum Koch, so müssen wir, um das Wesen dieser Pflanzen kenntlich zu machen, hinzufügen: Bastard von Verbascum Thapsus und V. Lychnitis, Bastard von Digitalis purpurea und D. grandiflora, Bastard von Cirsium palustre und C. oleraceum.

Es wäre also einfacher, sie gleich von Anfang an als diese Bastarde zu bezeichnen. Allerdings darf man, wenn man mit strenger Kritik verfahren will, nicht etwa sagen Verbascum Thapso-Lychnitis oder V. Lychniti-Thapsus; denn diese Namen setzen schon voraus, dass man den Vater und die Mutter kenne, was bei den wildwachsenden Bastarden nie der Fall ist. Man muss also entweder die Benennung Verbascum hybridum e V. Lychnitide et V. Thapso brauchen oder einfach Verbascum (Lychnitis + Thapsus), Verbascum (Lychnitis et Thapsus), wobei empfohlen werden dürfte, die beiden Arten nach der alphabetischen Ordnung sich folgen zu lassen.

Es ist eine unglückliche Manie, den Bastarden neue einfache Namen zu geben, welche gar keinen Vortheil gewähren und nur die Wissenschaft mit Synonymen noch mehr belästigen. Die Folgen derselben dürften selbst denen, die so gerne ihr mihi oder nobis den Benennungen beifügen, als abschreckend

erscheinen, wenn sie bedenken, wie viele bisher vernachlässigte oder übersehene Bastarde zwischen sehr nah verwandten Arten und zwischen Unterarten in der Natur vorkommen, die ebenfalls Berücksichtigung verdienen.

Was die constanten Zwischenformen betrifft, so müssen dieselben einfache Namen erhalten, da deren hybrider Ursprung nicht erwiesen und überhaupt unwahrscheinlich ist. Eine solche ungleiche Benennung von hybriden und constanten Zwischenformen ist nicht nur prinzipiell geboten, sondern auch von praktischem Vortheil, da sie allein schon dazu zwingt, dieselben mit Rücksicht auf ihr Vorkommen, ihre Fruchtbarkeit und ihr Verhalten in den aufeinander folgenden Generationen genauer zu prüfen.

Zum Schlusse mache ich noch die übrigens selbstverständliche Bemerkung, dass die Erkenntniss, ob eine Pflanze eine Zwischenform sei oder nicht, und besonders die Bestimmung, ob sie hybrid oder constant sei, und in welcher Weise sie den allmählichen oder unterbrochenen Uebergang zwischen den beiden Hauptarten vermittle, bloss durch genaues Studium auf dem Standort selbst möglich ist. Da nur die richtige Erfassung der Zwischenformen eine richtige Abgrenzung der Arten erlaubt, so ist für die naturgemässe Behandlung aller formenreichen Gattungen die Autopsie der Vorkommensverhältnisse erstes und dringendstes Erforderniss. Für die einheimischen Gattungen Saxifraga, Gentiana, Primula, Verbascum, Cirsium, Hieracium, Salix, Carex, um nur die wichtigsten zu nennen, befähigt das reichste getrocknete Material und eine vollständige Sammlung von lebenden Gartenexemplaren bloss zu einer diagnostischen Bearbeitung d. h. zu einer subjectiven Gliederung in Formen, die man in der Beschreibung wieder erkennt und nach welcher jeder die Pflanzen seines Herbarium's benennen kann. Strebt der Monograph eine naturgemässe Bearbeitung an, so muss er aufhören Herbariumbotaniker zu sein; er darf

sich ein entscheidendes Urtheil über die Bedeutung, die Verwandtschaft und die Abgrenzung der Formen nur erlauben, wenn er ihr gegenseitiges Verhalten in der Natur, ihre Verbreitung und ihre Vergesellschaftung genau kennt. Denn die getrockneten Sammlungen werden ihm drei wichtige Thatsachen immer verbergen: die räumliche Vertheilung über die Standorte, das numerische Verhältniss der Individuen und das Vorhandensein oder den Mangel von unmerklichen Uebergängen.

Was die räumliche Vertheilung der verwandten Formen in einer Gegend betrifft, so wird dieselbe im Wesentlichen durch den Kampf um das Dasein geregelt, und insofern kann sie uns keinen Aufschluss über die systematische Verwandtschaft geben. Ihre Kenntniss ist aber für die Zwischenformen unumgänglich nöthig, weil die Hybridität das gleichzeitige Vorkommen der beiden Stammformen verlangt, und weil, wie die Erfahrung zeigt, auch die constanten Mittelformen sich an den Verbreitungsbezirk, wenn auch nicht streng an die Standorte der Hauptformen halten.

Die Individuenzahl, in der eine Pflanze auftritt, wird zwar ebenfalls durch den Erfolg bestimmt, mit dem dieselbe den Kampf um die Existenz gegen alle andern Gewächse besteht. Das numerische Verhältniss verwandter Formen ist aber auch für die systematische Bedeutung derselben von Wichtigkeit. Die wirklichen Bastarde sind mit Rücksicht auf ihre Gesammtvertretung gegenüber ihren beiden Stammarten immer in verschwindend kleiner Menge vorhanden. Die constanten Zwischenformen treten, wie es die Erfahrung zeigt, gleichfalls sehr zurück, wenn wir sie mit den Hauptarten vergleichen, indem sie innerhalb des Verbreitungsbezirkes auf viel weniger Localitäten und hier in viel geringerer Anzahl getroffen werden. In den Sammlungen verhält es sich umgekehrt, da die seltenen Pflanzen in grösserer Menge getrocknet und an die Correspondenten

[redacted]

verschickt werden. Der Herbariumbotaniker wird daher leicht über dieses wichtige Verhältniss getäuscht, und es ist eine nicht ganz seltene Erscheinung, dass von Monographen, denen viele Herbarien zu Gebote standen und die Autopsie in der Natur mangelte, neben den Hauptarten einzelne Zwischenarten als gleichberechtigt und selbst mit der Bemerkung „häufig" oder „copiose" aufgeführt werden, obgleich ihre Individuenzahl nicht den millionsten Theil derjenigen einer Hauptart ausmacht.

Was endlich die Anwesenheit oder das Fehlen von unmerklichen Uebergängen betrifft, so kann diess schlechterdings bloss durch eigene Beobachtung auf den Standorten ermittelt werden. Oft scheinen die getrockneten Exemplare die stufenweisen Zwischenformen zwischen zwei Arten anzudeuten; die Autopsie zeigt aber, dass zwischen zwei Gruppen von Formen ein unausgefüllter Hiatus besteht. Viel häufiger geschieht es, dass man auf den Standorten den allmählichen Uebergang von der einen Form in die andere constatiren kann, obgleich in den Sammlungen keine Spur davon enthalten ist. Diese Erfahrung kann man besonders mit sehr nahe verwandten Arten oder Unterarten machen, weil sie der Sammler als nicht bestimmbar und etiquettirbar verwirft. — Die Autopsie in der Natur ist aber in allen Fällen desswegen nothwendig, weil es sich oft um Merkmale handelt, die an der getrockneten Pflanze nicht mehr in die Augen fallen, weil der Gesammthabitus ebenfalls nur im lebenden Zustande deutlich hervortritt, und endlich weil jeder für den allmählichen Uebergang ein anderes Organ hat. Der Eine wird mit einer geringern Zahl von Uebergangsstufen befriedigt sein, während die Gewissenhaftigkeit eines Andern sich noch die Zwischenstufen dazu auf dem Standort zusammensucht.

Aufzählung einiger Zwischenformen.

In der vorstehenden Mittheilung habe ich im Allgemeinen die Regeln erörtert, denen die Zwischenformen unterworfen sind. Ich füge hier noch einige spezielle Beispiele bei, die ich selber beobachtet habe und über deren Verhalten ich einigermassen sichere Auskunft geben kann. Doch ist zu bemerken, dass die zahlreichsten und weitaus am sorgfältigsten untersuchten Beispiele, der Gattung Hieracium angehörend, für die folgenden Mittheilungen aufbehalten bleiben.

Geum urbanum Lin. und G. rivale Lin. — Das als besondere Art unterschiedene G. intermedium Ehrh. ist hybrid und muss G. (rivale + urbanum) heissen. Seine Individuenzahl verhält sich auf den Standorten, wo es überhaupt vorkommt, wie 1 zu mehreren Tausenden.

Saxifraga mutata Lin. und S. aizoides Lin. Die Mittelform kommt stellenweise in Gemeinschaft mit den beiden Hauptarten und im Vergleich mit diesen in sehr geringer Individuenzahl vor. Sie ist hybrid und als S. (aizoides + mutata) zu bezeichnen, von Girtanner S. mutato-aizoides genannt. Dieser Bastard zeigt uns übrigens deutlich, dass die jetzigen Sectionen der Gattung Saxifraga nicht natürlich sind. Man stellt die beiden eben genannten Arten in zwei verschiedene Sectionen, obgleich sie unter einander grössere Verwandtschaft haben als mit den Arten ihrer Sectionen.

Jnula salicina Lin. und J. Vaillantii Vill. Die Mittelform J. semiamplexicaulis Reuter kommt in Genf äusserst spärlich zwischen den Stammarten vor und ist hybrid: J. (hirta + Vaillantii).

Senecio incanus Lin. und S. uniflorus All. — In

den Alpen von Zermatt sammelte ich schon im Jahr 1839 die Mittelform, welche die beiden Hauptarten durch allmähliche Uebergänge verbindet und nannte sie damals S. oligocephalus (in lit.). Ich bin jetzt nicht sicher, ob dieselbe hybrid oder constant ist, da ich früher nicht so genau auf die Vorkommensverhältnisse achtete. Diese Uebergangsform scheint mir aber desshalb einer Erwähnung werth, da sie eine merkwürdige Analogie bildet zu gewissen Mittelformen der Gattungen Cirsium und Hieracium. Bei Hieracium Pilosella ist der Schaft einköpfig und unmittelbar am Grunde verzweigt (wenn überhaupt Verzweigung statt findet); die verwandten Arten H. Auricula, H. glaciale, H. praealtum, H. cymosum, H. pratense, H. aurantiacum haben ihre kleinen Köpfchen am Ende des Schaftes mehr oder weniger gehäuft. Die Zwischenformen zwischen H. Pilosella und den eben genannten Arten zeigen alle einen gabelig verzweigten Schaft mit langgestielten Köpfchen von mittlerer Grösse. — Senecio uniflorus trägt ein grosses Blüthenköpfchen am Ende des Stengels, welcher meistens unverzweigt ist, zuweilen jedoch am Grunde einen Ast von fast gleicher Höhe und ebenfalls mit einem grossen endständigen Blüthenköpfchen treibt. Bei S. incanus sind die kleinen zahlreichen Köpfchen am Ende des Stengels gehäuft. Bei der Uebergangsform S. oligocephalus beginnt die Verzweigung des Stengels unter oder wenig über der Mitte; er trägt 2—5 langgestielte Köpfchen von mittlerer Grösse. — Aehnliche Verhältnisse wiederholen sich bei den Zwischenformen von Cirsium acaule und C. rivulare, C. acaule und C. heterophyllum, C. acaule und C. oleraceum, und andern.

Achillea nana Lin. und A moschata Wulfen. Die Mittelform kommt sehr spärlich unter den Stammarten vor; ich fand sie früher im Oberwallis und auf dem Bernina im Oberengadin und hielt sie für hybrid: A. (moschata + nana).

Unter dem Namen A. hybrida Gaudin gehen zwei Pflanzen: die eben genannte Mittelform und eine halbkahle Varietät der A. nana.

Achillea moschata Wulfen und A. atrata Lin. Die Mittelform beobachtete ich vor längerer Zeit sehr spärlich unter den Stammeltern auf dem St. Gotthard und hielt sie für einen Bastard: A. (atrata + moschata). Vielleicht gehört hieher A. moschata β impunctata DC. Prodr.

A. atrata Lin. und A. macrophylla Lin. Die Mittelform, welche als A. Thomasiana Hall. fil. bekannt ist, kommt im Oberwallis spärlich unter den Eltern vor, von denen sie ohne Zweifel abstammt: A. (atrata + macrophylla). — In DC. Prodrom. ist die Vermuthung ausgesprochen, es möchte A. Thomasiana ein Bastard von A. Clavennae und A. atrata sein. Die Exemplare, die ich kenne, haben nichts von A. Clavennae an sich, und diese Art kommt im Verbreitungsbezirke von A. Thomasiana gar nicht vor.

Achillea moschata Wulfen und A. macrophylla Lin. Die Mittelform, die ich vor längerer Zeit ebenfalls im Wallis äusserst spärlich unter den Stammarten fand, gleicht der vorhergehenden im Habitus sehr und geht ebenfalls als A. Thomasiana Hall. fil. Sie ist zweifellos ein Bastard: A. (macrophylla + moschata).

Cirsium (lanceolatum + palustre). Ein einziges Exemplar unter vielen tausend Individuen beider Stammarten in abgehauenen Wäldern bei Zürich.

Cirsium (acaule + lanceolatum). Ein Exemplar unter vielen Tausenden der Stammeltern bei Schaffhausen.

Cirsium (bulbosum + palustre). Einige wenige Exemplare der ursprüglichen Bastardform unter vielen Tausenden der beiden Stammarten bei Zürich und bei München. Diess ist die Pflanze, die ich als C. palustri-bulbosum in Koch Synops. Edit II pag. 997 aufgeführt habe. Häufiger

sind die Formen, welche zwischen dem ursprünglichen Bastard und C. bulbosum sich bewegen und alle Uebergänge darstellen. Eine Varietät, die sich dieser Art bloss durch die grössern Köpfe und längern Blüthenstiele nähert, und die vielleicht aus der Befruchtung des Bastards durch C. bulbosum (weniger wahrscheinlich aus der Selbstbefruchtung des ursprünglichen Bastards) hervorgegangen ist, nannte ich irriger Weise C. bulboso-palustre? (l. c. p. 997). Pflanzen, die sehr nahe zu C. bulbosum zurückgegangen sind, habe ich als C. palustri-bulbosum B recedens (l. c. p. 997) aufgeführt. — Der vorliegende Bastard ist also jedenfalls in den weiblichen Organen fruchtbar und lässt sich durch C. bulbosum befruchten. Alle Formen desselben bringen ausgebildete Samen hervor. Uebergänge zu C. palustre mangeln.

Cirsium (palustre + rivulare). Einige wenige Exemplare der ursprünglichen hybriden Form unter vielen Tausenden der Stammeltern im Jura (Vallée de Joux), bei Einsiedeln und im Sihlthal, bei München. Etwas häufiger sind die Varietäten, welche sich C. rivulare nähern. Der ursprüngliche Bastard, der die Mitte zwischen den beiden Stammarten hält, wurde von mir früher als C. palustri-rivulare (l. c. 998), die Varietät, die in den Blüthenköpfen sehr ähnlich dem C. rivulare ist, aber stark herablaufende Blätter hat, als C. rivulari-palustre und die stark zu C. rivulare zurückgehenden Exemplare als C. palustri-rivulare B recedens bezeichnet. Exemplare, die sich dem C. palustre nähern, mangeln zwar nicht, sind aber äusserst selten. — Der Bastard befruchtet sich also mit beiden Stammarten. Ob er zu C. palustre eine geringere sexuelle Affinität habe, oder ob die Seltenheit der zu dieser Art zurückkehrenden Exemplare in der zweijährigen Dauer von C. palustre ihre Ursache finde, bleibt zweifelhaft. —

Alle Formen des Bastards tragen vollkommen entwickelte Samen.

Cirsium (Erisithales + palustre). Von diesem Bastard bildete sich ein Exemplar in der Alpenanlage des botanischen Gartens in Zürich, und zwar unmittelbar neben C. Erisithales und in einiger Entfernung von C. palustre, so dass ich keinen Zweifel hege, es sei der hybride Same von dem erstern erzeugt worden und der Bastard somit als C. palustri-Erisithales in Anspruch zu nehmen (l. c. p. 990). Es ist diess, ausser dem folgenden, der einzige Cirsienbastard, unter dessen Eltern ich den Vater und die Mutter bezeichnen kann.

Cirsium Erisithales + (oleraceum + palustre). Von diesem abgeleiteten Bastard entstand ebenfalls ein Exemplar, gleichzeitig mit dem vorhergehenden und am gleichen Orte, aus C. Eristhales und C. (oleraceum + palustre). Die nämlichen räumlichen Verhältnisse sprechen auch hier für die Annahme, dass C. Erisithales die Mutter, C. (oleraceum + palustre) der Vater war, dass also die hybride Pflanze ein C. (oleraceum + palustre) — Erisithales ist.

Cirsium (oleraceum + palustre). Wo die Stammarten in Menge beisammen wachsen, da kommen in der Regel hybride Formen vor. Der ursprüngliche Bastard ist seltener; häufiger sind die mehr oder weniger zu C. oleraceum zurückkehrenden Pflanzen. Eine dem C. palustre sich nähernde Varietät habe ich noch nicht gesehen.

Cirsium Chailleti Koch (non Gaud.). Ich habe diese Pflanze, von der ich nur ein einziges Exemplar gesehen hatte, früher als Bastard von C. palustre und C. arvense angesehen, zwischen denen sie gewissermassen in der Mitte steht. Das zahlreiche und constante Vorkommen, von dem ich erst später Kunde erhielt, verbietet die Annahme einer hybriden Abstammung. Weitere, an lebenden Pflanzen ge-

machte Untersuchungen müssen entscheiden, ob diese Art wirklich als Zwischenform zwischen den genannten zu betrachten sei.

Cirsium (arvense + oleraceum). Vier Exemplare der ursprünglichen Bastardform und ein Exemplar der zu C. arvense zurückkehrenden Form unter vielen tausend Pflanzen der Stammeltern in abgehauenen Wäldern bei Zürich.

Cirsium acaule und C. bulbosum. Ueber die Bedeutung der Zwischenformen, welche alle Uebergangsstufen zwischen den beiden Arten darstellen, bin ich wieder zweifelhaft. Zuerst hatte ich sie für nicht hybrid (Cirsien der Schweiz 1840), dann für hybrid gehalten (Koch Synops. Ed. sec. 1845). Es verhält sich damit wie mit mehreren Hieracien-Zwischenformen. Auf einigen Standorten treten sie so auf, dass man sie für Bastarde ansehen muss, auf andern dagegen so, dass sie als constante Form erscheinen. Es ist sicher, dass die genaue Mittelform, welche gleich viel von beiden Hauptarten an sich hat, eine grosse Menge von vollkommenen Samen reift. Doch ist diess noch nicht entscheidend, da auch andere Cirsien-Bastarde fruchtbar sind. Wir haben zwei Auswege. Entweder sind alle Zwischenformen der genannten Arten hybriden Ursprungs, haben aber stellenweise eine den reinen Formen ähnliche Constanz erlangt. Oder sie sind auf verschiedene Weise entstanden, am einen Ort durch Bastardirung der Hauptarten, am andern durch Transmutation vielleicht zur Zeit als die Hauptarten sich bildeten [2]).

---

2) Fr. Schultz, welcher früher Cirsium medium als Bastard betrachtet hatte (Flora der Pfalz 1846), hält ihn neuerdings für nicht hybrid, da er die Pflanze an mehreren Orten nur mit C. acaule und nicht mit C. bulbosum gefunden habe (Phytostatik der Pfalz 1863). Ein solches Vorkommen habe ich ebenfalls beobachtet; doch

Cirsium acaule und C. rivulare. Die Bedeutung der Mittelform scheint mir ganz die gleiche zu sein wie in dem vorhergehenden Beispiel. Ich habe sie zuerst ebenfalls für nicht hybrid gehalten und C. Heerianum genannt (Cirs. d. Schweiz), nachher für hybrid (Koch Synops. Edit. sec.). Ich kenne sie bloss aus der Vallée de Joux im Waatländer Jura, wo ich sie theils mit beiden Hauptarten, theils nur mit C. acaule gefunden habe. Sie geht durch unmerkliche Uebergänge sowohl in C. acaule als in C. rivulare über; alle Formen bilden vollkommene Samen.

Cirsium acaule und C. heterophyllum. Die Mittelform zwischen diesen beiden Arten (= C. alpestre Näg.) ist offenbar den beiden vorhergehenden analog. Sie ist die seltenste und auf dem einzigen Standort, wo ich sie gefunden habe, ohne Zweifel hybriden Ursprungs. Die Uebergänge (zurückkehrenden Formen) zu C. acaule sind vorhanden, diejenigen zu C. heterophyllum mangeln noch. — Die Mittelform wächst auch bei Kals im südlichen Tyrol, nach einem von Molendo daselbst gefundenen Exemplar.

---

ist es selten und nach meiner Erfahrung findet sich C. medium nur dann mit C. acaule oder mit C. bulbosum allein auf einem Standorte, wenn in der gleichen Gegend auch die andere Hauptart wächst. Man muss übrigens, wie ich weiter oben ausgeführt habe, mit der Unterscheidung von C. medium und C. acaule caulescens sehr vorsichtig sein. Ich weiss nicht, ob Fr. Schultz darauf hinreichend geachtet hat, da die besten Kenner sich leicht täuschen. So habe ich ein unzweifelhaftes Exemplar von C. acaule caulescens aus der Pfalz, das mir von C. H. Schultz Bip. als C. Zizianum Koch (= C. medium All.) mitgetheilt wurde. So liegen im Herbarium boicum der Münchner Akademie zwei in Oberstdorf im Allgäu gesammelte, von Sendtner als Cirsium acauli-rivulare das eine, das andere als C. rivulari-acaule bestimmte Pflanzen, in denen ich nichts anderes als C. acaule caulescens erkenne.

[redacted]

C. bulbosum und C. rivulare. Die Mittelform, von der ich bei München unter Tausenden von Exemplaren der beiden Hauptarten nur zwei Pflanzen bis jetzt gefunden habe, und die auch von andern hiesigen Botanikern nicht gefunden wurde, ist hier sicher hybrid. Ob sie in Württemberg, wo sie in Menge vorzukommen scheint, und Uebergänge zu C. bulbosum und C. rivulare bildet, als constante Form auftritt, weiss ich nicht.

Cirsium (heterophyllum + spinosissimum). Immer spärlich unter den Stammarten. Im letzten Sommer fand ich in den Alpen um Hinterrhein (Ct. Graubündten), welche ich drei Wochen lang durchstreifte, bloss an zwei Stellen, an der einen 3, an der andern 4 Exemplare. Es giebt zurückkehrende Formen sowohl zu C. spinosissimum als zu C. heterophyllum.

Cirsium (bulbosum + oleraceum). Dieser Bastard kommt fast überall vor, wo die beiden Stammarten in Menge beisammen wachsen, doch immer in verhältnissmässig spärlicher Individuenzahl. Durch Befruchtung mit den beiden Stammeltern werden alle Uebergänge zu denselben gebildet. Der ursprüngliche Bastard sowie diese zurückkehrenden Formen bringen vollkommene Samen hervor. C. oleraceo-bulbosum Näg. in Koch Syn. Ed. sec. p. 1008 ist der ursprüngliche Bastard. C. bulboso-oleraceum l. c. p. 1007 ist eine Varietät, die sich etwas dem C. bulbosum nähert.

C. (oleraceum + rivulare). Dieser Bastard verhält sich ganz wie der vorhergehende, nur dass er etwas weniger spärlich auftritt.

C. (acaule + oleraceum). Das Verhalten ist das nämliche wie das von C. (bulbosum + oleraceum).

C. (medium + oleraceum). Ich habe nur zwei Exemplare gefunden, die sicher diesen Ursprung haben und genau in der Mitte stehen zwischen C. (acaule + olera-

spaltiger Krone und ungleichen Kelchlappen, also Blüthen, welche die Merkmale der beiden Arten vereinigen. Diese Form würde wegen der Combination der Merkmale mit Recht als Var. mixta zu bezeichnen sein. Die Inconstanz der Merkmale zeigt uns ferner, dass die beiden Arten wohl in eine zu verschmelzen sind, was auch die Annexion anderer verwandter Arten mit Nothwendigkeit nach sich ziehen dürfte.

Pedicularis incarnata Jacq. und P. recutita Lin. Die Mittelform zwischen diesen beiden Arten ist P. atrorubens Schleich. Dieselbe kommt, nach meinen Beobachtungen, bloss mit den beiden genannten Hauptarten und zwar nur spärlich unter grossen Mengen derselben vor. In dieser Weise fand ich sie auf dem grossen St. Bernhard, auf dem Bernina und an einigen andern Stellen des Oberengadins. Sie ist sicher hybriden Ursprungs und somit Pedicularis (incarnata + recutita) zu nennen.

Primula acaulis Jacq. und P. officinalis Jacq. Die Mittelform zwischen diesen beiden Arten, welche von Goupil P. variabilis, von Godron P. officinali-grandiflora genannt wurde, hat in den letzten Jahren Veranlassung zu wiederholten Discussionen in Frankreich gegeben. Aus den dabei festgestellten Thatsachen können nach meiner Ansicht zwei sichere Schlüsse gezogen werden. 1) Es giebt Gegenden, wo die genannte Mittelform als unzweifelhafter Bastard auftritt, wie sie auch wirklich durch künstliche Befruchtung von P. acaulis mit Pollen von P. officinalis hervorgebracht wurde. Ich habe die Pflanze früher bei Genf beobachtet, wo sie ebenfalls als hybrid betrachtet werden muss, da sie in spärlicher Zahl zwischen grossen Mengen der beiden Hauptarten auftritt. Insofern ist sie als P. (acaulis + officinalis) zu bezeichnen. 2) An andern Orten kommt die Mittelform ohne die eine der beiden Hauptarten vor und erhält sich durch eigene Aussaat constant, wie

Lebel und Rochebrune gezeigt haben. Insofern ist sie P. variabilis zu nennen. Dabei bleibt unentschieden, ob sie ursprünglich durch Transmutation oder durch Bastardirung entstanden sei. — Die Zwischenformen zwischen den beiden Primula-Arten verhalten sich also ganz analog wie manche intermediäre Hieracien, die ebenfalls auf doppelte Weise, nämlich als Bastarde mit verminderter Fruchtbarkeit und als constante Formen mit vollkommener Fruchtbarkeit in verschiedenen Gegenden vorkommen.

Primula integrifolia Lin. und P. latifolia Lapeyr. Die Mittelform zwischen diesen beiden Arten, die als P. Muretiana Moritzi oder P. Dinyana Lagger bekannt ist, kommt auf dem Albulapass in Graubündten unter den beiden Stammarten vor. Sie ist an dem klassischen Standort zwar nicht selten, tritt aber an Individuenzahl immerhin sehr zurück gegenüber den Hauptformen. Da sie überdem sonst nicht ohne die beiden genannten Arten gefunden wird, so ist ihr hybrider Ursprung wohl nicht zu bezweifeln. Uebergänge zu P. integrifolia und zu P. latifolia beweisen, dass sie sich mit beiden fruchtbar kreuzt.

Nigritella suaveolens Koch. Das Vorkommen dieser sehr seltenen Pflanze lässt nicht bezweifeln, dass sie hybriden Ursprungs sei. Ich traf dieselbe nur in Gemeinschaft mit Nigritella angustifolia Rich., Gymnadenia odoratissima Rich. und G. conopsea R. Br. und zwar äusserst spärlich. Unter Millionen Exemplaren der genannten Arten fand ich nach vielem Suchen auf wiederholten Excursionen in Parpan (Ct. Graubündten) 2, auf dem Albula 1 und bei St. Moritz in Oberengadin an zwei Standorten je 1 Exemplar der Mittelform. Die Affinität, welche, wie die hybride Befruchtung beweist, zwischen den beiden Gattungen besteht, dürfte Bedenken gegen die generische Trennung erwecken, da in so vielen andern Gattungen Arten, die sich nicht befruchten können und somit eine geringere Verwandtschaft

besitzen, vereinigt sind. Die Mittelformen, die als N. suaveolens gehen, sind übrigens ohne Zweifel doppelter Abstammung:

1. (nigra + conopsea). Sporn so lang als der Fruchtknoten. Parpan, Albula (an beiden Orten mit den Stammarten ohne G. odoratissima), St. Moritz (mit den Stammarten und G. odoratissima); in den bayerischen Alpen, wo sie ebenfalls nur als einzelne Exemplare unter den Stammeltern gefunden wurde.

2. (nigra + odoratissima). Sporn kaum halb so lang als der Fruchtknoten. St. Moritz mit den Stammarten ohne G. conopsea. Ein gleiches Exemplar fand Molendo in den bayerischen Alpen.

Gymnadenia (conopsea + odoratissima). Von diesem Bastard, der genau die Mitte hält zwischen den beiden Stammarten, fand ich zwei Exemplare unter zahlreichen Pflanzen der Eltern in der Nähe von München. Auf den Alpen Graubündtens, wo die Stammarten in Unzahl beisammen wachsen, suchte ich ihn vergeblich.

Ich habe bis jetzt Zwischenformen aufgezählt, welche sicher oder doch möglicher Weise durch hybride Befruchtung entstanden sind. Ich füge noch einige wenige bei, deren Vorkommen die Annahme von Bastardzeugung ausschliesst. Sie bilden continuirliche Uebergangsreihen; die einzelnen Stufen derselben scheinen constant zu sein, treten auch in grösserer Individuenzahl auf, und kommen zuweilen nur mit der einen Hauptform vor. Die beiden Arten, die in dieser Weise verbunden sind, zeigen übrigens nur geringere Verschiedenheiten und dürften wohl zu vereinigen sein.

Ranunculus polyanthemos Lin. und R. nemorosus DC.

Cardamine resedifolia Lin. und C. alpina Willd.

Hutchinsia alpina R. Br. und H. brevicaulis Hoppe.

Dianthus Carthusianorum Lin. und D. atrorubens All.

Alsine verna Bartl. und Alsine recurva Wahlenb.

Phyteuma hemisphaericum Lin. und Ph. humile Schleich.

Saussurea alpina DC. und S. discolor DC.

---

24. Die systematische Behandlung der Hieracien rücksichtlich der Mittelformen.

(Vorgetragen den 10. März 1866.)

In den Mittheilungen vom 18. November, vom 15. Dezember, vom 13. Januar und vom 16. Februar habe ich einige Fragen besprochen, welche für die systematische Behandlung einer formenreichen und verwickelten Gattung nach meiner Ansicht von entscheidendem Gewicht sind. Sie betrafen den Einfluss der äusseren Verhältnisse auf die Varietätenbildung, die Ursachen des Vorkommens, die Bastardbildung und die Bedeutung der Zwischenformen. Ich habe diese Untersuchungen vorausgehen lassen, um eine Grundlage für eine Reihe von Mittheilungen über die Formen der Gattung Hieracium zu gewinnen. Ohne Klarheit und Sicherheit über die angegebenen Punkte ist es, wie ich aus eigener Erfahrung weiss, nicht möglich, zu einem befriedigenden Resultate zu gelangen.

Ich glaubte früher, noch befangen in den Lehren der Schule, an die absolute Verschiedenheit der Arten. Ich zweifelte zwar nicht daran, dass ein genetischer Zusammenhang zwischen denen der frühern Erdperioden und den jetzt lebenden bestehe, und dass diese aus jenen entstanden seien; aber die Umwandlung hatte sich, wie ich mir dachte, beim Uebergange der einen Periode in die andere rasch oder plötzlich vollzogen. Die gleichzeitig bestehenden Arten hielt ich für dergestalt verschieden, dass die eine sich nicht in andere umändern und dass es keine Uebergangsglieder zwischen ihnen geben könne. Die grosse Mannigfaltigkeit in den Formen leitete ich von den äussern Verhältnissen her und war daher der Ansicht, dass die gleiche Art auf verschiedenen Standorten und in verschiedenen Klimaten sich

in ungleichen Varietäten ausprägen müsse, und dass auf der nämlichen Localität nur Eine Varietät derselben Species vorkommen könne. Die Zwischenformen und Uebergänge zwischen den Arten waren nach meiner Ansicht hybriden Ursprunges.

Diess waren die herrschenden Ansichten der früheren und zum Theil noch der jetzigen Wissenschaft, oder wenigstens die logischen Consequenzen aus den herrschenden Ansichten. Ein Ueberblick über die Formen und die Vorkommensverhältnisse derselben, wie man ihn bei eifrigem Botanisiren und Sammeln von Phanerogamen und Cryptogamen, ohne Beschränkung auf eine spezielle Pflanzengruppe, erwirbt, schien meiner Theorie günstig zu sein. Ich sah keine wesentlichen Hindernisse, besonders wenn die Species in dem weiteren Sinne Linnés und der ältern Botaniker gefasst wurde. Zwei sehr vielförmige und verwickelte Gattungen, nämlich Cirsium (in Koch Syn. 1845) und die Piloselloiden (Pilosellen) des Genus Hieracium (in Zeitschrift für wiss. Bot. 1846) fügten sich meinen Ansichten glücklich. Ueber die Hälfte der Formen konnte ich als hybrid erklären und dadurch die Arten deutlich und hinreichend verschieden hervortreten lassen.

Die Hybridität bei der Gattung Cirsium, wie ich sie aufgestellt hatte, bestätigte sich durch meine späteren Beobachtungen sowie durch diejenigen vieler anderer Beobachter. Doch zeigte sich dabei, dass eine oder zwei der als hybrid betrachteten Formen zwar stellenweise als Bastarde vorkommen, stellenweise aber auch als constante Formen auftreten, nämlich C. (acaule + bulbosum) oder C. medium All. und C. (acaule + rivulare) oder C. Heerianum Näg. Eine andere Form, C. Chailleti Koch (non Gaud.), welche ich nur in einem einzigen Exemplar mit angeblich sehr seltenem Vorkommen gekannt hatte,

muss nach den mir seitdem bekannt gewordenen Vorkommensverhältnissen als constante Form angesehen werden.

Ungünstiger für die Bastardtheorie gestalteten sich die weiteren Beobachtungen an den Piloselloiden; denn es stellte sich heraus, dass alle angenommenen Bastarde jenen Mittelformen angehören, welche an gewissen Orten zwar unzweifelhaft hybrid, an andern dagegen ebenso unzweifelhaft constant auftreten und welche daher eine doppelte Deutung zulassen (vgl. die Mittheilung vom 16. Februar). Zur Zeit als ich meinen Versuch betreffend die einheimischen (schweizerischen) Piloselloiden veröffentlichte, unterschied ich diese Verhältnisse noch nicht so genau. Ich dachte noch nicht an die Möglichkeit, dass die gleiche Zwischenform hier hybriden Ursprungs sein und dort eine Beständigkeit zeigen könne, die von der Beständigkeit der reinen Varietäten und Arten offenbar in nichts verschieden ist. Ueberdem sind die von mir als hybrid betrachteten Mittelformen in so geringer Individuenzahl vorhanden, dass sie darin von den Hauptformen um das Tausendfache bis Millionenfache überboten werden, wenn wir das gesammte Vorkommen berücksichtigen, und zur Zeit der Bearbeitung kannte ich einige derselben nur von einem einzigen Standorte, wo ich sie entdeckt hatte.

Nicht lange nachher machte ich an verschiedenen Pflanzen, sowohl an Piloselloiden und anderen Hieracien als an andern Gattungen die Beobachtung, dass es ausser den hybriden Zwischenformen auch Uebergänge giebt, die man nicht durch Bastardbildung erklären kann, sowie die fernere Beobachtung, dass diese Uebergangsformen und die Varietäten überhaupt nicht aus der Einwirkung der äussern Verhältnisse sich erklären lassen.

Ich gestehe, dass mir diese Wahrnehmungen sehr wenig behagten und dass ich das Mögliche versuchte, um sie mit meinen Ansichten in Uebereinstimmung zu bringen. Ich habe be-

[redacted]

sonders interessante Standorte, deren Vegetation am meisten mit meiner Theorie im Widerspruch stand, über ein halbes Dutzend mal in verschiedenen Jahren besucht. Es gab keinen Ausweg. Die Wirklichkeit zwang mich, vorgefassten und nicht hinreichend begründeten Meinungen der Schule zu entsagen. Ich musste anerkennen, dass es total verschiedene Arten giebt, die durch constante Uebergangsformen mit vollkommener Fruchtbarkeit verbunden sind. Die gewöhnlichen Aushilfsmittel, welche von verschiedenen Autoren abwechselnd angewendet werden, und welche darin bestehen, die bisher unterschiedenen Arten zu vereinigen, oder die Mittelformen als besondere Arten aufzustellen, genügten nicht, weil sie in manchen Fällen ad absurdum führten. Wer möchte Cirsium acaule mit C. bulbosum, ferner Hieracium Pilosella mit H. Auricula, H. aurantiacum, H. pratense und H. praealtum, endlich Hieracium murorum mit H. villosum, H. alpinum, H. prenanthoides und H. albidum vereinigen? Der entgegengesetzte Weg giebt kein besseres Resultat; wenn wir z. B. Cirsium medium, die Mittelform von C. acaule und C. bulbosum, als besondere Art anerkennen, was sollen wir dann mit der Form anfangen, die zwischen C. acaule und C. medium die Mitte hält, und mit derjenigen, welche zwischen C. medium und C. bulbosum sich befindet? Das Gleiche gilt für die erwähnten Hieracien-Arten, deren Zwischenformen alle als besondere Species aufgestellt worden sind, aber selber wieder durch Zwischenformen mit den Hauptarten zusammenhängen.

Ich musste ferner anerkennen, aus Gründen, die ich weitläufiger in der Mittheilung vom 18. November 1865 erörtert habe, dass die Manigfaltigkeit der Formenbildung nur zu einem sehr unbedeutenden Theil unmittelbar durch die äusseren Einwirkungen bedingt wird. Fast alle varietätlichen Veränderungen entspringen aus inneren Ursachen; sie werden

von den äusseren Verhältnissen nicht affizirt und erscheinen daher denselben gegenüber beständig. Ich musste also darauf verzichten, die Formen in constante und variable, in absolute Arten und in Varietäten zu scheiden; denn die Varietäten erwiesen sich als relativ constant und die Arten als nicht absolut constant.

Es schien mir nicht ganz überflüssig, die Veranlassung für die Umwandlung meiner Ansichten darzulegen und zu zeigen, dass ich dieselbe nicht leicht genommen habe. Vielleicht wird der Eine oder Andere bewogen, den nämlichen Weg zu gehen; dann ist es sicher, dass er auch bei dem gleichen Ziel anlangen wird. Wenn es sich um die allgemeine Frage handelt, ob die Arten absolut oder nur gradweise verschieden seien, oder um die spezielle Frage, welche Bedeutung bestimmten Pflanzenformen zukomme, so müssen, um zu einem sicheren Resultate zu gelangen, zwei Forderungen strenge erfüllt werden. 1) Man darf aus dem Studium des reichsten Materials in den Herbarien und aus der Beobachtung der im Garten gezogenen Pflanzen sich keinen Schluss erlauben. 2) Man darf eben so wenig aus allgemeinen Beobachtungen, die man auf zahlreichen Excursionen an einer Menge von Pflanzen gemacht hat, eine Folgerung ziehen. Es ist unumgänglich nothwendig, dass man die Vorkommensverhältnisse nah verwandter Arten einer vielförmigen Gattung speziell studire; und dass man ein gleiches einlässliches Studium auf die Arten einiger anderer Gattungen ausdehne. Denn möglicher Weise könnten die Ergebnisse einer Beobachtungsreihe zweideutig sein. Ich hätte mich früher von den vorgefassten Theorieen der Schule losmachen können, wenn ich nicht zufällig meine speziellen Untersuchungen an der Gattung Cirsium angestellt hätte, welche, wie vielleicht keine zweite, weit verschiedene und scharf abgegrenzte Arten mit zahlreichen hybriden Zwischenformen besitzt. Die Piloselloiden waren ebenso wenig geeignet, auf richtigere

[redacted]

Ansichten zu führen, da nur einzelne seltene Vorkommensverhältnisse entschieden gegen die Bastardtheorie sprechen.

Weitere Publicationen über die Hieracien unterblieben damals, weil die Beobachtungen mit der Theorie absolut geschiedener Arten in einen nicht zu lösenden Conflict kamen. Ich nehme sie jetzt, nach fast 20jähriger Pause, wieder auf, in der Ueberzeugung von richtigeren Gesichtspunkten aus eine naturgemässe Bearbeitung und Anordnung ihrer Formen geben zu können.

Ich habe die Gattung Hieracium für das spezielle Studium über die Behandlung der Pflanzenart gewählt, weil ich sie für die verwickeltste und variabelste unter den einheimischen Gattungen halte. Es dürfte wohl keinen Widerspruch finden, wenn ich behaupte, dass sie alle andern in der Schwierigkeit, die Formen zu gliedern und abzugrenzen, übertrifft. Der Grund liegt darin, weil die als Arten aufgestellten Typen nach allen Seiten hin durch Uebergänge verbunden sind, welche in der Mehrzahl der Fälle nicht durch Bastardbildung erklärt werden dürfen. Hierin stimmen fast alle überein, die sich namentlich durch eigenes Sammeln mit Hieracien beschäftigt haben. Fast alle räumen ein, dass die Species, die sie aufstellen, durch Zwischenformen verbunden seien. So sagt, um nur einen Gewährsmann aufzuführen, der Nestor unter den Hieraciologen, Fries, ganz zutreffend, dass „die Gruppe von H. murorum, nach welcher alle andern Gruppen der Untergattung Archieracium Strahlen aussenden, den grossen Nebelfleck dieser Gattung darstelle, in welchem die Species wegen ihrer Menge und Veränderlichkeit, wie die Sterne in der Milchstrasse, kaum gehörig sich unterscheiden lassen“.

Wenn man alle Typen, die durch Uebergangsformen von vollkommener Fruchtbarkeit verbunden sind, in eine einzige Art vereinigen wollte, so bekäme man für alle einheimischen Hieracien nur drei Species, die von einzelnen

Autoren auch schon als Gattungen getrennt worden sind: Pilosella (= Pilloselloiden), Hieracium (= Archieracium Fries) und Chlorocrepis (H. staticifolium). Zwischen den drei Gruppen mangeln, wenigstens in Europa, die Uebergänge vollständig. Mit Unrecht hat man zwischen Piloselloiden und Archieracien Bastarde angenommen; die angeblichen Hybriden sind reine Piloselloiden oder reine Archieracien.

Es ist nun unmöglich, alle Piloselloiden und alle Archieracien je als eine Art zu betrachten. Eine solche Reduction der Species, die man consequenter Weise auch bei den übrigen Pflanzen durchführen müsste, hiesse nichts anderes als die Namen der systematischen Begriffe zu wechseln und fortan Art zu nennen, was bis jetzt als Gattungssection comparirte.

Ebenso unmöglich ist es, die Uebergangsformen als Bastarde von absolut verschiedenen Arten zu erklären. Denn diese Zwischenglieder sind, wie ich bereits erwähnte, wohl alle in gewissen Gegenden und Localitäten constant und ihre Hybridität mit den Gesetzen der Bastardbildung nicht zu vereinen. Ich verweise hierüber auf spätere spezielle Mittheilungen.

Nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft sehe ich keine andere Möglichkeit als die Annahme, es seien die Hieracien-Arten durch Transmutation entweder aus untergegangenen oder aus noch bestehenden Formen entstanden, und es sei ein grosser Theil der Zwischenglieder noch vorhanden, welche sich bei der Spaltung einer ursprünglichen Art in mehrere neue Arten naturgemäss mitbildeten, oder die bei der Umwandlung einer noch lebenden Art in eine von ihr sich abzweigende Species durchlaufen wurden. Es hätten sich also bei den Hieracien die Arten noch nicht durch Verdrängung der Zwischenglieder so vollständig getrennt, wie es bei den meisten andern Gattungen der Fall

ist. In den einen Gegenden und Localitäten wäre die Verdrängung erfolgt; in andern aber hätte sie wohl begonnen, aber noch nicht ihr Ende erreicht, denn die Zwischenformen sind hier immerhin in weit geringerer Menge vorhanden als ihre Hauptarten. — Diese Ableitung der Zwischenformen aus der Transmutation der Arten schliesst jedoch nicht aus, dass sich zwischen allen nah verwandten Formen auch Bastarde bilden. Daher die Erscheinung, dass die nämliche Zwischenform bald constant bald hybrid auftritt.

Damit habe ich das allgemeine theoretische Resultat ausgesprochen, welches sich aus meinen Untersuchungen an den Hieracien ergiebt. Bei der Darlegung der Thatsachen und bei der kritischen Prüfung derselben werde ich mich vollkommen objectiv und voraussetzungslos verhalten. Ich hege die Ueberzeugung, dass die Systematik schon längst eine andere Bahn eingeschlagen hätte, wenn sie sich nicht von der vorgefassten Idee absolut verschiedener Arten beherrschen liesse und daher diese Arten bald durch Trennen und bald wieder durch Vereinigen der Formen zu finden sich bemühte. Diese Ansicht kann ich um so unbefangener aussprechen, als ich, wie ich bereits angegeben, früher selber die vorgefasste Meinung der Schule getheilt habe.

Ein voraussetzungsloser Standpunkt darf ebensowenig sich auf die Transmutation gründen. Es handelt sich vorerst bloss darum, die Verwandtschaft der Formen und die Begrenzung derselben festzustellen. Die Theorie über die Entstehung derselben darf dabei überhaupt nicht in's Spiel kommen.

Die genaue Beobachtung der mannigfaltigen Hieracium-Formen auf den Standorten und das sorgfältige Studium ihrer Merkmale zeigt uns bald, dass es gewisse ausgezeichnete Typen giebt, und dass die übrigen Formen Zwischenglieder zwischen denselben darstellen. Das Gesetz der Zwischenformen, wie ich es in der Mittheilung vom 16. Febr.

dargelegt habe, findet hier eine so häufige Anwendung wie vielleicht bei keiner andern Gattung.

Das Charakteristische der Typen oder Hauptformen in der Gattung Hieracium wie in den übrigen Gattungen liegt darin, dass sie nicht als Mittelglieder anderer Typen aufgefasst werden können, dass sie also durch eine gewisse Originalität und Selbständigkeit in der Formbildung sich auszeichnen. Solche Typen sind in dem Subgenus Pilosella die Arten H. Pilosella, H. Auricula, H. praealtum, H. aurantiacum, H. cymosum etc., in dem Subgenus Archieracium die Arten H. alpinum, H. glanduliferum, H. villosum, H. glaucum, H. murorum, H. humile, H. amplexicaule, H. prenanthoides, H. albidum, H. umbellatum etc. Keine dieser Arten kann als die Mittelform zweier anderer angesehen werden. Keine ist so beschaffen, dass man sagen könnte, das hybride Produkt zweier anderer Species, wenn ein solches bestände, müsste ihr ähnlich sein.

Die Zwischenformen dagegen haben nichts Eigenthümliches, was den Hauptformen mangelte. Sie vereinigen die Merkmale je zweier der letztern. Sie sehen gerade so aus, als ob sie durch einfache oder wiederholte Bastardirung

[redacted]

sten als die Zwischenformen. Sie haben eine viel grössere erbreitung bezüglich der Standorte. Sie sind ferner auf m Standorten im Allgemeinen in viel grösserer Zahl vor- nden. Die Zwischenformen mangeln auf vielen Localitäten, o die Hauptformen sich finden, gänzlich; auf den andern ommen sie, mit einer Ausnahme, die ich sogleich anführen erde, verhältnissmässig spärlich vor. Ich kenne keine wischenform von Hieracium, deren Gesammtindividuen- ahl von der der zugehörigen Hauptformen nicht wenigstens m das Tausendfache übertroffen würde.

Was das Verbreitungsgebiet der Zwischenformen be- rifft, so richtet es sich, soweit ich die Verhältnisse bis etzt kenne, fast genau nach dem der Hauptformen. Es ist eschränkt auf das Areal, wo die Gebiete der beiden zuge- lörigen Hauptformen sich decken. Die Zwischenformen zwischen Hieracium Pilosella und H. pratense kommen nur da vor, wo die Verbreitungsbezirke von H. Pilosella und H. pratense zusammenfallen; und so verhält es sich mit allen Zwischenformen.

Dieses Gesetz erleidet nur insofern eine etwelche Be- schränkung, als die Zwischenform zuweilen die Grenzen der einen Hauptform wenig überschreitet. Hieracium murorum geht von der Ebene bis 7000′ hoch in den Alpen; H. alpinum von 5000′ bis 8000′. Die Zwischenformen beider sind auf den Gürtel von 5000—7000′ beschränkt; doch gehen sie etwas tiefer als H. alpinum. Die Zwischenformen von Hieracium Pilosella und H. glaciale findet man auf den Voralpen noch an einzelnen Standorten, wo H. glaciale nicht mehr vorkommt.

Der eben genannte Umstand ist zuweilen die Ursache, warum in gewissen beschränkten Gebieten die Zwischenformen in grösserer Menge auftreten als die eine der beiden Hauptformen. Man macht diese Beobachtung bloss auf der Linie, welche die Grenze des Verbreitungsbezirks der Haupt-

form und zugleich der Zwischenform bildet. Hieracium aurantiacum tritt in den Voralpen sehr spärlich auf; die Zwischenformen zwischen demselben und H. Pilosella einerseits, sowie H. Auricula anderseits sind daselbst in bemerklich grösserer Individuenzahl vorhanden. Umgekehrt verhält es sich in den Centralalpen.

Da die wahren Zwischenformen nur da sich finden, wo die Verbreitungsbezirke zweier Hauptarten in einander greifen, so mangeln sie im Allgemeinen zwischen den Arten, deren Gebiete durch einen Zwischenraum getrennt sind. Alle in den Alpen lebenden Arten von Piloselloiden sind durch Zwischenformen verbunden, ebenso diejenigen, die die Ebene bewohnen. Allein von den Arten, die ausschliesslich den Alpen, zu denjenigen, die ausschliesslich der Ebene angehören, kenne ich keine Uebergangsstufen, so z. B. nicht von H. aurantiacum und H. glaciale einerseits zu H. echioides, H. praealtum, H. cymosum anderseits.

Zur richtigen Beurtheilung dieser Vorkommensverhältnisse von Haupt- und Zwischenformen ist es durchaus nothwendig, die Verbreitungsbezirke genau abzugrenzen, eine Forderung, die auch aus andern wissenschaftlichen Gründen erfüllt sein sollte. Dabei muss sorgfältig zwischen einer zufälligen vorübergehenden und einer dauernden Ansiedelung unterschieden werden. Bekanntlich findet man gewisse Alpenpflanzen im Kies der Flüsse und am Fusse hoher steiler Felswände, wo sie einige Jahre aushalten und dann zu Grunde gehen, während andere dagegen dauernd einzelne vorgeschobene Posten in der Ebene bewohnen. Unter den Alpen-Hieracien gehört z. B. H. aurantiacum zu den erstern, H. Pilosella Hoppeanum zu den letztern. H. aurantiacum wird selten von der Isar bis München geführt und erscheint dann in einzelnen Exemplaren an den Ufern derselben. H. Pilosella Hoppeanum ist ohne Zweifel seit der Eiszeit, wie ich in der Mittheilung vom

[redacted]

18. Nov. 1865 nachgewiesen habe, auf Haiden und Mooren in unserer Nähe ansässig[1]).

Die thatsächlichen Verhältnisse, betreffend die morphologischen Eigenschaften und das Vorkommen der Zwischenformen, wie ich sie eben geschildert habe, machen es begreiflich, dass die letztern von manchen Beobachtern als Bastarde, von andern dagegen als reine Formen erklärt worden sind. Die Theorie der Hybridität hat aber unter denen, die eine ausgedehnte Autopsie auf den Standorten zu Rathe ziehen können, die zahlreicheren Anhänger. Ich habe mich über die Bastardnatur der Zwischenformen in der Mittheilung vom Februar ausgesprochen. Was ich dort sagte, gilt namentlich auch für die Gattung Hieracium. Ich wiederhole, dass es für die systematische Verwandtschaft ziemlich gleichgültig scheint, ob eine Zwischenform hybriden Ursprungs sei oder nicht. Dem entsprechend finden wir, dass diejenigen Arten von Hieracium, zwischen denen constante Zwischenformen vorkommen, stellenweise auch Bastarde bilden, und es geht mit grosser Wahrscheinlichkeit aus den Beobachtungen hervor, dass die hybride Befruchtung zweier Arten um so leichter erfolgt, je häufiger und fruchtbarer die Zwischenformen derselben vorhanden sind. Ob man die Zwischenformen als hybrid oder nicht hybrid betrachte, ihre Erkenntniss und Unterscheidung dient immer dazu, die Verwandtschaft der Arten bestimmen zu helfen, und was noch wichtiger ist, die Arten deutlicher hervortreten zu lassen und ihre Begrenzung genauer und sicherer fest zu stellen. Von diesem Gesichtspunkte aus müssen nach meiner Ansicht die Bemühungen der Hybridisten (im guten Sinne) beurtheilt werden. Dieses Ziel schwebte mir

---

1) Grisebach sagt von dieser Pflanze „in Alpibus, inde cum rivulis propagatur alt. 8000′—1500‴". Ich habe sie nie von den Flüssen oder Bächen herabgeführt gefunden.

auch bei dem Versuche über die schweizerischen Arten der Piloselloiden (des Subgenus Pilosella) vor, den ich im Jahre 1846 veröffentlichte, und dessen ich schon früher erwähnt habe. Wenn ich dabei von den übrigen Hybridisten etwas abwich, so war es nur insofern, als ich die Methode vielleicht etwas consequenter durchführte.

Mein Versuch fand wenig Beifall bei den Monographen. E. Fries urtheilte darüber in den Symbolae ad historiam Hieraciorum (1848) folgendermassen: Nuperrime Cel. Nägeli Pilosellas plurimas hybriditate enatas demonstrare conatus est. Ipsius vero cognitionem tam formarum quam litteraturae, prorsus neglectae, nimis mancam fuisse, mihi saltim manifestim videtur. Equidem in plerisque ab acutissimo viro propositis hybridis speciebus video modo varietates, e physicis, morphologicis et biologicis rationibus facile explicandas. Plenior cognitio geographicae distributionis hybridam aliarum naturam prorsus refellit".

Ich bin weit entfernt, meinen damaligen Versuch für vollkommen zu halten und ich fühle die Mängel desselben sehr wohl. Doch dürfte es mir nicht schwer fallen, zu zeigen, wie ungegründet die gemachten Ausstellungen waren, besonders in Berücksichtigung dessen, was ich mit meinem Aufsatze anstrebte. Wenn ich darauf etwas näher eintrete, so geschieht es weniger, um den schon sehr alten Angriff zu widerlegen, als weil ich dabei Gelegenheit finde, einige die systematische Behandlung der Pflanzenarten und der Hieracien insbesondere betreffende Fragen von allgemeinem Interesse zu besprechen.

Bei der Bearbeitung einer Gattung giebt es drei verschiedene Gebiete, die bis auf einen gewissen Grad selbstständig sind: 1) die Feststellung der systematischen Verwandtschaft der Formen, 2) die diagnostische Unterscheidung derselben, 3) die Synonymie. Es ist möglich in jedem einzelnen dieser Gebiete die Wissenschaft sehr wesentlich zu fördern,

ohne dass damit nothwendig ein Fortschritt in den andern verbunden ist. Ich glaube sogar, es wäre in manchen Fällen für die Wissenschaft erspriesslich, wenn der Bearbeiter eines Bruchstückes der systematischen Botanik sich auf eines der drei Gebiete vorzugsweise beschränken wollte, und wenn nicht jeder meinte, er müsse nothwendig die bisherigen Arten verändern, er müsse zugleich die Diagnosen reformiren und endlich die Synonymie corrigiren.

Ich hatte mir diese Beschränkung erlaubt. Bezüglich der Synonymie stellte ich gar keine Studien an und vernachlässigte somit die Literatur, wie Fries richtig sagt, gänzlich. Ob aber das ein Mangel war? Ich halte es sogar für einen Vorzug. Denn in der Hieracien-Synonymie können nur die Monographen, die sich Jahre lang damit beschäftigen, ordentlich bewandert sein. Und selbst diese sind in allen kritisch schwierigen Punkten mit einander im Widerspruch. Es scheint mir sogar, dass mit jeder neuen Bearbeitung die Zweifel gemehrt statt gemindert werden. Unter diesen Umständen halte ich es für geboten, rücksichtlich der Synonymie sich an irgend eine Autorität anzuschliessen und nur insoweit Correcturen anzubringen, als man für seine Ansicht vollkommene Sicherheit hat. Ich werde in der Folge noch einmal hierauf zurückkommen, und es wird mir um so leichter sein, meine Ansicht zu beweisen, als ich zeigen kann, dass in Bezug auf einzelne Formen, die von dem Autor durch Beschreibung, Abbildung und Standort genugsam bezeichnet schienen und jedenfalls besser bezeichnet waren, als die sämmtlichen übrigen, doch alle, selbst die gründlichsten Kenner der Literatur sich geirrt haben. — Bei meinem Versuch über die Piloselloiden hatte ich mich an die Synopsis von Koch gehalten und ausserdem die Synonymen für die Bastarde nach Exemplaren des Herbarium von de Candolle und der Zürchersammlungen, soweit sie mit der Bestimmung übereinzukommen

schienen, ergänzt. Wären die Symbolae von Fries schon publizirt gewesen, so hätte ich zu meinem Vortheil denselben mit Rücksicht auf die Synonymie folgen können.

Auch die diagnostische Unterscheidung war mir nicht Hauptzweck, sondern vielmehr bloss Mittel zu demselben gewesen; und ich hatte auch erklärt, dass es mir nicht möglich sei, bessere Unterscheidungsmerkmale an die Stelle der bisherigen zu setzen[2]).

---

2) Doch glaube ich, einige spezifische Merkmale richtiger angewendet zu haben als selbst die Monographen, die nach mir kamen, und zwar lediglich desswegen, weil ich durch Annahme von hybriden Formen und durch Ausscheidung derselben auf den Standorten die Arten richtiger umgrenzen konnte. Ich erwähne diess bloss, weil Fries mir wegen eines solchen Falles einen Vorwurf machte; es war diess zugleich die einzige spezielle Ausstellung, wodurch derselbe seine allgemeine Kritik motivirte. Nachdem er die ganz richtige Bemerkung gemacht, dass die Ausläufer von Pilosella sich gabelig theilten, fügte er bei: „Haec est vera ratio scapi furcati, quem cel. Nägeli ex hybriditate derivandum censet; equidem ipse, absque omni hybriditate, arte produxi quam plurimas formas furcatas". Nun führte aber Fries selber eine Reihe von Arten und zwar die gleichen, die ich als Bastarde bezeichnet hatte, auf, welche durch den „scapus furcatus" von Hieracium Pilosella, das durch den „scapus simplex monocephalus" charakterisirt wird, sich unterscheiden. Er that also genau dasselbe, was ich gethan hatte. Nur nahm er irrthümlich an, die Gabelung meiner Pflanzen komme bloss an den Stolonen vor, obgleich ich von H. Pilosella gesagt hatte, seine Ausläufer seien zuweilen gabelig getheilt und mehrköpfig.

Der gabelige primäre Schaft kommt wirklich, wie ich früher angenommen hatte, und wie ich später nachweisen werde, nur an den Hybriden oder Mittelformen vor. Er mangelt bei H. Pilosella durchaus; und wenn Fries den scapus primarius furcatus ausnahmsweise auch für diese Art annimmt, wie aus von seiner Hand bestimmten Exemplaren hervorgeht, so ist diess sicher ein Irrthum, welcher mit grösster Evidenz sich nachweisen lässt, wenn man H.

[redacted]

Der Zweck meiner kleinen Publikation hatte nach meinen eigenen Worten dem **Umfang** und der **Abgrenzung** gegolten und als Mittel hiezu hatte die Ausscheidung einer grösseren Zahl von Formen gedient, die ich als hybrid erklärte. Wenn **Fries** hierauf sagte, er sehe „in diesen Bastardspezies bloss Varietäten, die sich leicht aus physischen, morphologischen und biologischen Ursachen erklären lassen", so begreife ich nicht recht, warum dieser Autor dieselben Formen nicht als Varietäten, sondern als wirkliche Arten aufgeführt hat. Denn meine hybriden Arten stehen zu den Arten von **Fries** (Symbolae und Epicrisis) in folgendem Verhältniss:

H. e Pilosella et Auricula = H. auriculaeforme Fr.
H. e Pilosella et angustifolio = H. sphaerocephalum Froel.
H. e Pilosella et praealto = H. brachiatum Bert.
H. e Pilosella et aurantiaco = H. versicolor Fr.
H. ex angustifolio et aurantiaco = H. suecicum Fr. Var.

Ob diese und andere Formen, deren ich jetzt noch eine grössere Zahl kenne, als hybrid zu erklären seien oder nicht, bleibt vorderhand eine Streitfrage zwischen Hybridisten und Nichthybridisten. Obgleich ich aus den in der letzten Mittheilung erörterten Gründen eher den letztern angehöre, so kann ich doch nicht anders als zugeben, dass die eben genannten Formen an einzelnen Stellen wirklich hybriden Ursprungs sind. **Fries** verwirft im Princip alle Bastarde und bezeichnet besonders in der Epicrisis generis Hieraciorum die Methode der Hybridisten in vielen speziellen Fällen zum mindesten als unverantwortliche Leichtfertigkeit. Er betrachtet die Bastarde als geringfügige, kaum erwähnens-

---

Pilosella einerseits auf Standorten, wo es allein vorkommt, und anderseits auf Localitäten, wo es zugleich mit den Mittelformen wächst und in dieselben übergeht, beobachtet.

werthe Varietäten und beruft sich dabei auf Linné und Bentham.

Ohne die Sünden der Hybridomanen (nicht der Hybridisten) in Schutz nehmen zu wollen, darf ich doch als Verfechter der Hybridität, wo sie eben angenommen werden muss, an folgende zwei allgemeine Thatsachen erinnern.

1) Durch die grossartigen Arbeiten von Kölreuter und von Gärtner, wozu noch diejenigen vieler anderer Forscher kommen, ist die Lehre von der Bastardbildung zu einer wissenschaftlichen Disciplin geworden. Die Systematik muss dieselbe anerkennen und ihre Gesetze anwenden. Die oben genannten Mittelformen erfüllen in morphologischer Beziehung genau die Forderungen der Bastardlehre. Fr. Schultz giebt an, er habe durch hybride Befruchtung Hieracium auriculaeforme aus H. Pilosella und H. Auricula, und H. bitense (das von H. brachiatum nicht verschieden ist) aus H. Pilosella und H. praealtum erhalten, eine Angabe, welche Fries nicht erwähnt hat.

2) Um zu entscheiden, ob eine Form hybriden Ursprungs sei oder nicht, ist die Autopsie auf den Standorten unerlässlich. Zu den Systematikern, welche am meisten gegen die Hybridität eingenommen sind, gehören namentlich diejenigen, welche nach trockenem Material und nach lebenden Gartenpflanzen arbeiten. Von 12 ausgezeichneten Piloselloiden-Formen, welche Fries als nicht hybride Arten oder als Varietäten von solchen aufführt und die nach meinen Beobachtungen auf den Localitäten als Zwischenformen, eventuell als hybrid zu betrachten sind, hat Fries eine einzige im wilden Zustande beobachtet, und diese hat er früher für einen Bastard gehalten: H. Auriculo-Pilosella Fr. = H. auriculaeforme Fr. — Unter den Formen von Archieracium kenne ich gegen 20 in Süddeutschland und auf den Alpen wachsende, welche durch ihr Vorkommen und ihre Merkmale als Zwischenformen und auf einzelnen

Standorten als hybrid sich kundgeben. Fries, der sie alle nur im getrockneten Zustande gesehen hat, führt die Mehrzahl als nicht hybride Arten, einige als Varietäten auf [8]).

Fries sagte, es sei leicht, die von mir als hybrid erklärten Arten der Piloselloiden als Varietäten nachzuweisen. Hiezu bemerke ich, dass dieselben in der Mitte zwischen zwei Hauptarten stehen und fast ohne Ausnahme mit beiden in gleicher Weise durch Uebergangsglieder verbunden sind. Wenn H. auriculaeforme eine Varietät von H. Pilosella ist, so muss es aus den gleichen Gründen als eine solche von H. Auricula angesehen werden. H. brachiatum darf mit gleichem Rechte als Varietät von H. Pilosella wie von H. praealtum, H. sphaerocephalum mit gleichem Rechte als Varietät von H. Pilosella wie von H. glaciale abgeleitet werden u. s. w. Der Transmutationslehre würde der allergrösste Dienst geleistet, und ich wäre der erste, ihn mit Bewunderung und Anerkennung

8) Unter den fleissigen Sammlern gehört Christener wenigstens nach einer Aeusserung in der Vorrede zu den Hieracien der Schweiz den Gegnern der Hybridität an. Doch hat er offenbar dieser Frage auf den Excursionen wenig Aufmerksamkeit geschenkt, wie einige Bemerkungen bei den Arten zeigen. Ueberdem scheint der Zufall ihm die Zwischenformen seltener vorgeführt zu haben. Unter allen Zwischenformen der Piloselloiden hat er nur eine selbst beobachtet nämlich H. sphaerocephalum. Die Mittelform zwischen H. Pilosella und H. praealtum und diejenige zwischen H. Auricula und H. praealtum führt er nach andern Beobachtern, diejenigen zwischen H. Pilosella und H. Auricula, zwischen H. Pilosella und H. florentinum All.. zwischen H. Pilosella und H. aurantiacum, zwischen H. Auricula und H. aurantiacum, zwischen H. glaciale und H. aurantiacum, zwischen H. sabinum und H. aurantiacum, die alle in der Schweiz vorkommen, führt er gar nicht auf; ein Beweis, dass sie jedenfalls selten sein müssen, was mit ihrer intermediären oder hybriden Natur übereinstimmt.

zu begrüssen, wenn nachgewiesen werden könnte, dass die genannten hybriden oder Zwischenformen wirklich nichts anderes als „durch physische, morphologische und biologische Ursachen entstandene Varietäten" sind. Allein, ungeachtet ich alle Erscheinungen, welche die Vorkommensverhältnisse darbieten, wiederholt und aufs sorgfältigste an Ort und Stelle geprüft habe, so weiss ich doch als Grund für die Transmutation weiter nichts anzuführen, als eben die Existenz der Uebergangsformen. Eine bestimmte Beziehung zu den äussern Einflüssen besteht entschieden nicht; eine Beziehung zu den Gesetzen der Organisation und der Lebensverrichtungen ist mir nicht bekannt. Einige Erscheinungen in den Wachsthumsverhältnissen, wie z. B. die gabelige Theilung der Ausläufer von H. Pilosella, könnten allerdings einer oberflächlichen Betrachtung einige Anhaltspunkte zu bieten scheinen für die Vergleichung dieser Art mit den typisch gabelspaltigen Formen. Allein eine exactere und kritische Behandlung zeigt sofort die gänzliche Verschiedenheit solcher Erscheinungen. Ich werde bei der speziellen Erörterung der Formen die Nachweise hiefür geben.

Als einen Beweis gegen die hybride Natur der von mir früher aufgestellten Bastardspezies führte Fries auch die geographische Verbreitung an. Eine vollständigere Kenntniss derselben weise meine Ansicht gänzlich zurück. Wenn Fries recht hätte, so wäre diess auch ein Grund gegen die Annahme der Zwischenformen, wie ich dieselben charakterisirt habe; denn ihre Verbreitung fällt, wie ich angegeben, mit derjenigen der Hauptarten zusammen. Es thut mir leid, auch hier zeigen zu müssen, dass die „vollständigere Kenntniss" nicht auf Seite meines Gegners ist. Ich muss diess um so mehr thun, als dieser Umstand gerade das Gesetz der Zwischenformen und ihre hohe Bedeutung für die Systematik in ein helles Licht stellt.

Eine von Fries mehrfach beliebte Beweisführung ist die, es könne eine Form M nicht der Bastard von A und B sein, weil M im Norden vorkomme, B dagegen daselbst mangle. Wäre diess richtig, so gäbe es gewiss keinen stärkern Grund. Allein die Angaben von Fries beruhen, soweit sie meine Annahmen von Bastarden und Mittelformen betreffen, auf einer Verwechslung, welche allerdings nur dann vermieden werden kann, wenn man die hybriden oder Zwischenformen in ihr Recht einsetzt. Zur Erläuterung diene folgendes allgemeine Beispiel. Es giebt ein halbes Dutzend gutgeschiedener, aber doch nahe verwandter Arten: A, B, C, D, E, F. Zwischen denselben bestehen Mittelformen oder Bastarde, die ich der Kürze halber als AB, BC, AC etc. bezeichnen will. Vergleichen wir nun bloss die eine Reihe dieser Zwischenformen mit einander, nämlich AB, AC, AD, AE und AF, so sind dieselben selbstverständlich bloss halb so weit unter sich verschieden als es B, C, D, E und F sind. Desswegen ist es eine in der Geschichte der Hieracien-Bearbeitungen häufige Erscheinung, dass derselbe Autor, welcher B, C, D, E und F, trennt, von den Formen AB, AC, AD, AE und AF entweder einzelne oder alle vereinigt. Es ist klar, dass solche Vereinigungen gegen die Natur sind, es mögen die Formen als constante Mittelarten oder als Bastarde betrachtet werden. Der Botaniker, welcher Hieracium Pilosella, H. Auricula, H. praealtum, H. pratense und H. aurantiacum als Arten unterscheiden und die Mittelformen zwischen H. Pilosella einerseits und den 4 übrigen Arten anderseits in Eine Species vereinigen wollte, würde zwar diagnostisch dafür eine gewisse Berechtigung haben. Allein eine solche Behandlung wäre ebenso sehr im Widerspruch mit der natürlichen Verwandtschaft als mit der geographischen Verbreitung.

Ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, dass Fries mehrfach in einen ähnlichen Fehler verfallen ist,

als er die alpinen und nordischen Hieracien mit einander verglich. Er hat, um einen einzigen Fall statt mehrerer zu besprechen, aus den bayrischen Alpen eine Pflanze erhalten, welche mit Hieracium aurantiacum und H. Auricula gemeinsam vorkommt und in den Merkmalen genau die Mitte hält; sie war als Bastard der beiden genannten Species bezeichnet. Fries bestimmte sie als H. suecicum und bemerkte dazu, sie könne nicht hybriden Ursprungs sein, da H. aurantiacum in Schweden, wo H. suecicum häufig wachse, mangle. Nun ist aber unsere Pflanze, welche als H. variegatum bezeichnet werden mag, nach den Eigenschaften und nach dem Vorkommen sicher entweder ein Bastard oder eine Mittelform von H. Auricula und H. aurantiacum. Der Widerspruch zwischen den beiden Angaben löst sich dadurch, dass unsere Pflanze zwar dem nordischen H. suecicum sehr ähnlich, aber doch deutlich davon verschieden ist. Ich trete hier nicht weiter in die Vergleichung ein, da ich in einer folgenden Mittheilung davon sprechen werde. Was das nordische H. suecicum betrifft, von dem mir eine Reihe von Exemplaren vorliegen, so sind ohne Zweifel darin zwei verschiedene Formen enthalten. Ueber deren Deutung masse ich mir nicht an, ein bestimmtes Urtheil abzugeben, da ich es für unmöglich halte, die Verwandtschaft der Hieracien-Formen sicher zu beurtheilen, wenn man sie nicht auf den Standorten beobachtet hat. Ich bemerke bloss, dass die eine der beiden nordischen Formen von H. suecicum, nach den Merkmalen zu schliessen, in der Mitte zwischen H. Blyttianum und H. Auricula zu stehen scheint. Sollte sich diese Vermuthung durch Beobachtungen über das Vorkommen bestätigen, so wäre die nahe Verwandtschaft von H. variegatum und H. suecicum begreiflich, denn H. Blyttianum weicht so wenig von H. aurantiacum ab, dass es von Grisebach

mit demselben vereinigt wurde; die beiden Mittelformen wären aber nur halb so weit von einander entfernt.

Damit schliesse ich die Rechtfertigung meines frühern Versuches über die Piloselloiden; ich glaube gezeigt zu haben, dass die Gründe, warum ich eine Reihe von Formen als hybrid erklärte, doch etwas ernsthafterer Natur waren, als Fries angenommen hat. Ich kehre zu der Betrachtung der Zwischenformen zurück, um noch kurz die Bedeutung zusammen zu fassen, welche die Berücksichtigung derselben für die Systematik der Hieracien hat.

1) Die zahlreichen Formen, welche zwischen den Hauptarten sich befinden, können nur richtig unterschieden werden, wenn man sie als Zwischenglieder auffasst. Ich habe diess eben an dem Beispiel von H. variegatum und H. suecicum nachgewiesen. Es giebt, um ein anderes Beispiel zu erwähnen, Mittelformen zwischen H. Pilosella einerseits und fast allen andern Hauptarten der Piloselloiden anderseits. Dahin gehören H. auriculaeforme, H. brachiatum, H. stoloniflorum, H. hybridum, H. bifurcum, H. sphaerocephalum, H. versicolor (alle nach der Benennung von Fries). Diese Arten, die wir nach ihrem hauptsächlichsten Merkmale als die gabelästigen oder furcaten bezeichnen können, sind eine Quelle von unendlicher Confusion und Verwechslung gewesen, und ich behaupte nicht bloss, dass es unmöglich ist, mit den besten Beschreibungen und Abbildungen sie zu bestimmen, sondern dass es überhaupt unmöglich ist, sie in allen Variationen richtig zu unterscheiden, wenn man sie nicht als die Mittelformen der bestimmten Hauptformen auffasst. Als Beweis dafür kann ich bayrische Furcaten anführen, deren Standort und Bedeutung ich genau kenne und die von den ersten jetztlebenden Autoritäten unrichtig bestimmt wurden.

2) Die geographische Verbreitung der mannigfaltigen Formen, welche zwischen den Hauptarten stehen, kann nur

Mittelform zwischen H. alpinum und H. prenanthoides und somit beiden gleich sehr verwandt. — Ebenso gehört H. nigrescens Willd. Fries in den Symbolae von Fries der Stirps H. vulgati, in der Epicrisis dagegen der Stirps H. alpini an und andere Autoren führen diese Pflanze geradezu als Varietät von H. alpinum auf. H. atratum Fr. steht bei Fries in der Gruppe von H. murorum und H. vulgatum, bei andern Autoren dagegen neben H. alpinum oder als Varietät in dieser Art selbst. Beide Pflanzen, H. nigrescens und H. atratum, haben als Zwischenformen Verwandtschaften nach zwei Seiten hin und werden daher mit gleichem Rechte oder vielmehr mit gleichem Unrechte in die Alpinum- oder in die Murorum-Gruppe gebracht.

5) Die Unterscheidung der Hieracien in Haupt- und Zwischenformen ist endlich das einzige Mittel, um eine klare Uebersicht über die variable und verwickelte Gattung zu gewinnen. Diese Methode verhält sich zu der bisherigen Behandlungsweise wie die natürliche Methode zur künstlichen in der Systematik überhaupt. Das künstliche System mag den Vortheil gewähren, die Gattungen schnell bestimmen und einreihen zu können. Die sichere Bestimmung und die klare Uebersicht ist nur durch das natürliche System möglich. — Ebenso hat die bisherige künstliche Bearbeitung der Hieracien gewisse Vortheile, wenn es sich um die Benennung einer Zahl von unbekannten Formen handelt. Aber die vollkommene Sicherheit in der Bestimmung und in der Beherrschung des Stoffes lässt sich nur durch die natürliche Methode erreichen. Es bestätigt sich auch hier der Grundsatz, dass das Wahre nothwendig für die Erkenntniss auch das Leichteste ist.

Die natürliche Methode der Hieracien muss den nämlichen Weg gehen wie die der Systematik überhaupt. Wie diese zuerst die grossen und charakteristischen Ordnungen feststellt und nach denselben dann die kleinen inter-

[redacted]

mediären Ordnungen bestimmt, so muss die Bearbeitung der Hieracien zuerst die Hauptarten als feste Marken sondern und dann zwischen denselben die Zwischenglieder einfügen. Auf diese Weise wird die verwickeltste aller Gattungen in der Behandlung verhältnissmässig leicht, sicher und übersichtlich. Vorausgesetzt, dass man die Hauptarten richtig bestimmt habe, was bei den Hieracien nicht schwerer ist, als in jeder andern Gattung, so kann man die intermediären Formen auch für ein begrenztes Gebiet ohne die geringste Schwierigkeit erkennen. Es bedarf dafür nicht mehr einer reichen Sammlung mit Originalexemplaren und eines grossen literarischen Apparats, wohl aber der Autopsie auf den Standorten.

Die Merkmale der Zwischenformen sind durch diejenigen der Hauptarten bestimmt. Die Zwischenformen sind daher vermittelst dieser Beziehung leicht, ohne dieselbe aber nie sicher zu erkennen. Hierin weiche ich gänzlich von Fries ab, welcher diese Beziehung verwirft: „Hieracium Auriculo-Pilosella l. Pilosello-Auricula est titulus maxime vagus; numquam idem a diversis collectoribus recepi, numquam nostrum primitivum“. Könnte man dies nicht von jeder Zwischenform sagen? Aber was würde es gegen den Namen von H. caesium z. B. beweisen, wenn ich sagte: H. caesium Fr. ist eine allzu unbestimmte Bezeichnung; von den Botanikern und Hieraciologen erhält man die verschiedensten Formen und selbst der Autor bestimmt mit diesem Namen einige Formen, die, wie sich aus den Beobachtungen auf den Standorten ergiebt, sicher nicht zusammengehören. Das Nämliche gilt für H. suecicum Fr. und viele andere.

Wer möchte wohl aus der Diagnose H. brachiatum bestimmen und von den übrigen gabelspaltigen Hieracien unterscheiden können? Aber kein irgendwie aufmerksamer Sammler, der die Vorkommensverhältnisse und die morpho-

logischen Beziehungen zu beachten und beurtheilen versteht, wird H. brachiatum verkennen, wenn er weiss, dass es die Mittelform zwischen H. Pilosella und H. praealtum ist. — Mit dem vorhin erwähnten H. Auriculo-Pilosella oder H. Pilosello-Auricula hat es übrigens eine eigene Bewandtniss, welche erklärt, warum Fries unter diesem Namen nie seine schwedische Pflanze erhalten hat. Die Pflanze, die in Mitteleuropa und in den Alpen vorkommt, ist nämlich von der nordischen wesentlich verschieden, wie auch unser H. Auricula von dem nordischen abweicht. Die Verschiedenheit bei diesem letztern ist immerhin so gross, dass in der Beschreibung von Linné die südliche Pflanze nicht erkannt wird und dass von vielen Botanikern H. Auricula Lin. in andern Arten gesucht wurde. Wie das nordische H. Auricula zum südlichen, so verhält sich auch die nordische Mittelform zur südlichen. In der Diagnose von H. auriculaeforme Fr. wird Niemand die Mittelform von H. Auricula und H. Pilosella, die in Deutschland und den Alpen mit den beiden Hauptarten vorkommt, erkennen, und es ist daher begreiflich, dass auch Fries aus unsern Gegenden nicht seine Pflanze erhalten konnte. Diese Sachlage scheint mir eher für, als gegen die Mittelformen zu sprechen, da wir sehen, dass dieselben in gleichem Verhältniss wie die Hauptarten sich verändern. Die nähern Nachweise werde ich in den spätern Mittheilungen geben.

Ich habe in dem vorstehenden Aufsatze mich einlässlich gegen die bisherige Methode in der Behandlung der Gatt[illegible] [illegible]n und gegen die Resultate dieser Me[illegible] [illegible] den [illegible]raphieen aussprechen müssen. [illegible], als dass ich die hohen [illegible] mit der schwierigen Gattung [illegible] möchte. Ich verehre ihre [illegible]urkenntniss so wie den unüber-

trefflichen Scharfsinn und Takt, welcher sie bei der Unterscheidung der Formen geleitet hat. Ich anerkenne mit Bewunderung, wie weit es Fries mit so unvollkommenen Mitteln in der naturgemässen Abgrenzung der Formen gebracht hat, so dass eine neue Bearbeitung wesentlich auf seinen Errungenschaften fortbauen kann. Die Anerkennung einer vorzüglichen Leistung darf uns aber nie hindern, nach einer bessern zu streben, die unvollkommene Methode durch eine vollkommenere zu ersetzen, zu den bisherigen Mitteln der Erkenntniss neue hinzuzufügen. Der folgende Fortschritt ehrt am besten den vorhergehenden, und eine Leistung stellt sich das beste Zeugniss ihres Werthes aus, wenn sie eine fernere Leistung möglich und nothwendig macht. Uebrigens ist die Forderung, dass die Pflanzenformen nicht in den Herbarien und Gärten, sondern auf ihren natürlichen Standorten studirt werden müssen, schon längst und wiederholt ausgesprochen worden. Wenn etwas in dieser Richtung zu thun übrig blieb, so war es bloss, den Grundsatz consequent durchzuführen und aus ihm die logischen Folgerungen zu ziehen, welche sich mit Nothwendigkeit ergeben.

---

25. Versuche, betreffend die Capillarwirkungen bei vermindertem Luftdrucke.

(Vorgetragen den 10. März 1866.)

Die Untersuchungen über das Verhalten enger Capillarröhren bei vermindertem Luftdrucke wurden durch ein pflanzenphysiologisches Problem veranlasst. Die belaubte und kräftig vegetirende Pflanze verdunstet eine grosse Menge von Wasser, welches von der Wurzel aufgenommen und durch den Stamm

und die Aeste empor geführt wird. Die Frage, durch welche Kräfte diese Arbeit geleistet werde, hat die Pflanzenphysiologen vielfach beschäftigt. Man hatte früher die Capillarität dafür in Anspruch genommen und ist in neuester Zeit wieder auf diese Theorie zurückgekommen.

Es versteht sich von selbst, dass aus der Pflanze ausfliessendes Wasser, wie man es beim Thränen der Weinreben und bei einigen normalen Ausscheidungen beobachtet, nicht durch Capillarwirkungen gehoben werden kann. Dagegen liesse sich denken, dass das Wasser, welches von der Verdunstung aus den Blättern weggenommen wird, durch Haarröhrchenanziehung ersetzt würde.

Wenn man eine Capillarröhre in Wasser stellt, so steigt dasselbe bis auf eine durch ihre Weite bestimmte Höhe. Lässt man sie stehen, so verdunstet fortwährend eine gewisse Menge aus der Capillarröhre und wird durch nachströmendes Wasser ersetzt. — Füllt man eine weite Röhre mit feinem Sand und stellt dieselbe mit dem untern Ende in Wasser, so befeuchtet sich der Sand und die Verdunstung am obern Ende zieht fortwährend das Wasser empor. — Hieher gehört auch der bekannte schöne Versuch, der schon vor längerer Zeit von Liebig ausgeführt wurde. Eine mit einer Blase verschlossene und mit Wasser gefüllte Glasröhre wird mit dem offenen Ende in ein Gefäss mit Quecksilber gestellt; das Wasser verdunstet durch die Blase und das Quecksilber steigt bis zu einer gewissen Höhe, aber nicht über dieselbe, da bei länger andauernder Verdunstung Luft durch die Blase eintritt.

In diesen Fällen ist es zugleich die Capillarität und die Verdunstung, welche einen aufsteigenden Wasserstrom möglich machen. Die Arbeit wird wohl allein von der Verdunstung geleistet und dafür eine entsprechende Wärmemenge verbraucht. Um ein Wassertheilchen, auf welchem nicht bloss der Druck einer Atmophäre lastet, sondern an

welchem überdem eine Quecksilbersäule von 12 Zoll oder eine Wassersäule von 14 Fuss hängt, loszureissen und verdunsten zu machen, bedarf es unter übrigens gleichen Umständen einer grössern Kraft, als wenn auf das Wassertheilchen bloss die Atmosphäre drückt, in gleicher Weise wie letzteres schwieriger verdunstet als ein anderes, das einem verminderten Luftdruck ausgesetzt ist.

Handelt es sich nun darum, in wiefern diese Erscheinung zur Erklärung des Saftsteigens in der Pflanze benutzt werden darf, so ist zunächst die Frage zu beantworten, wie hoch überhaupt die Flüssigkeit in Capillarröhren steigen könne. Ich war früher der Ansicht, dass die Höhe nicht überschritten werde, welche dem Luftdrucke das Gleichgewicht halte; und ich habe dessnahen bei einer Besprechung der Ursachen, welche das Saftsteigen veranlassen, die Wirksamkeit der Verdunstung in den Blättern als 32 Fuss Wasserhöhe in die Berechnung eingeführt (Pflanzenphys. Untersuch. I pag. 28. 1855).

Diese Annahme, dass in einer Capillarröhre oder in einem Capillarsystem das Wasser nicht über 32 Fuss zu steigen vermöge, stützte sich auf folgende zwei theoretische Betrachtungen.

Wenn die Flüssigkeit in einer Capillarröhre durch den Zug des concaven Meniscus empor gehoben wird, so wirkt der letztere wie der Kolben einer Pumpe. Das Wasser steigt unter dem Meniscus empor. Wird die Röhre so enge, dass das Wasser in Folge dieses Zuges über 32 Fuss steigen sollte, so kann es dieses Maass nur um so viel überschreiten, als es seine Cohäsion erlaubt. Diese ist aber nach den Versuchen von Buijs-Ballot, Gaylussac u. A. so gering, dass sie vernachlässigt werden kann, indem sie für Wasser von 10° nur einer Flüssigkeitsäule von 5 M.M. das Gleich-

gewicht hält [1]). — Wollte man aber nach der Theorie von Laplace das Steigen in den Capillarröhren nicht durch den Zug des concaven Meniscus, sondern durch den überwiegenden Moleculardruck der untern ebenen Flüssigkeitsoberfläche geschehen lassen, so würde die Analogie mit einer Pumpe gleichwohl bestehen. Denn ungeachtet dieses Moleculardrucks reisst die Wassersäule jedesmal von dem Kolben ab, sowie dieser 32 Fuss über das Wasserniveau sich erhebt [2]).

Sehen wir von dieser Analogie einer Capillarröhre mit der Pumpe ab, und berücksichtigen wir bloss die Spannungsverhältnisse in der Flüssigkeitssäule einer Capillarröhre und deren wahrscheinliche Consequenzen, so ergiebt sich Folgendes. Die Wassersäule am Grunde einer Capillarröhre hat die nämliche positive Spannung wie das umgebende Wasser. Nach oben nimmt die Spannung ab, und auf einer Höhe von 32 Fuss ist sie gleich derjenigen, welche eine Wasserfläche in dem luftleeren Raum zeigt. Wasser unter der Luftpumpe geräth aber ins Kochen. Da der Druck in einer 32 Fuss hohen Capillarröhre in gleichem Maasse vermindert ist, wie in der Luftpumpe, so müsste in dieser

[redacted]

Höhe Dampfbildung erfolgen und damit weiteres Steigen unmöglich werden [3]).

Bei der Bearbeitung der Mikrophysik für das von Schwendener und mir herausgegebene Buch „das Mikroskop" kam das Thema des Steigens in sehr engen Capillarröhren wieder zur Sprache, und obgleich wir zunächst keinen Grund hatten, an der Richtigkeit der eben gemachten Folgerungen zu zweifeln, so war es doch nöthig, durch Versuche hierüber Gewissheit zu erlangen. Die ersten Beobachtungen ergaben ein scheinbar günstiges Resultat.

Bevor wir an die eigentliche Frage giengen, schien es zweckmässig, zu prüfen, ob die bekannten Gesetze der capillaren Anziehung auch für mikroskopisch enge Röhrchen bis zu den äussersten Grenzen der Wahrnehmbarkeit Geltung haben. Die Höhe, bis zu welcher Flüssigkeiten in capillaren Röhren emporsteigen, steht bekanntlich, soweit die Beobachtungen reichen, im umgekehrten Verhältniss zum Durchmesser. Für eine Röhrenweite von 1 M.M. beträgt sie 30 und für eine solche von $^1/_{10}$ M.M. 300 M.M. Gilt dieses Gesetz auch für Röhren von $^1/_{1000}$ und $^1/_{10000}$ M.M. Durchmesser, so wie für noch engere, zu denen man die Molecularinterstitien der Zellmembranen rechnen kann?

Es versteht sich, dass die experimentelle Prüfung jedenfalls nicht unter eine Weite von $^1/_{1000}$ M.M. gehen kann, weil engere Lumina nicht mehr mikroskopisch zu messen sind. Die Erfahrung zeigte, dass aus anderen Ursachen nicht einmal diese Grenze zu erreichen ist.

Weil es nicht möglich ist, direkt die Steighöhe zu be-

---

3) Hiebei wurde nicht berücksichtigt, dass die Dampfbildung in einer Capillarröhre in anderer Weise erfolgen könnte als in einem weiten Gefäss, was allerdings der Fall ist. Ich werde hierauf später noch zurückkommen.

obachten, so muss man die Kraft der capillaren Anziehung bestimmen, da aus dieser auf jene geschlossen werden kann. Zu diesem Behufe wurden fein ausgezogene Glasröhrchen von 0,003—0,01 M.M. Weite mit Wasser gefüllt, dann mittelst eines Korkes in das umgebogene untere Ende A einer langen aufrechten Röhre B so eingefügt, dass die feine Spitze nach innen gekehrt war, und hierauf sorgfältig verkittet. Wurde nun in den langen Schenkel B Quecksilber eingegossen, welches die Luft unterhalb A comprimirte, so musste sich zeigen, auf welche Höhe x der Druck gesteigert werden konnte, bis das Wasser aus der Capillarröhre verdrängt und durch Luft ersetzt wurde. Die Höhe x, mit 13,6 multiplizirt, giebt die Länge einer Wassersäule von gleichem Gewicht, welche somit als das Maass der Capillaranziehung zu betrachten ist und welche die Höhe anzeigt, bis zu welcher das Wasser in dem verlängert gedachten Röhrchen emporsteigen würde. In folgender Tabelle sind die auf diese Weise erhaltenen Resultate zusammengestellt.

Durchmesser des Capillarröhrchens in M. M.	Höhe des Quecksilbers in M. M.	Höhe der entsprechenden Wassersäule in Metern.	Berechnete Steighöhe des Wassers in Metern.
0,009	230	3,11	3,33
0,008	290	3,91	3,75
0,004	520	7,02	7,5
0,003	810	10,93	10,0

Dass die beobachtete Höhe nicht genau mit derjenigen übereinstimmt, welche die Rechnung ergiebt, rührt jedenfalls zum Theil von den unvermeidlichen Fehlern in der Bestimmung des Durchmessers her; andern Theils mögen aber auch noch Ursachen mitwirken, welche sich der Beurtheilung entziehen. Das Experimentiren mit so feinen Röhrchen, wie die hier angewendeten, ist überhaupt mit Schwierigkeiten verbunden, an die man zum Voraus

nicht denken würde. Schon das Füllen derselben macht sich meist sehr schwer. Das Wasser muss auf der weitern äussern Seite so weit reichen, dass die Wirksamkeit des daselbst befindlichen breitern Meniscus gegenüber derjenigen des schmalen innern Meniscus verschwindet. Lässt man nun das Wasser an dem breitern Ende eintreten, so condensiren sich im dünnern Ende sehr häufig kleine Wassertröpfchen, welche mit luftführenden Räumen alterniren, und das weitere Füllen unmöglich machen. Lässt man das Wasser dagegen an dem engern Ende eintreten, so geht das Füllen sehr langsam vor sich, und kann, selbst wenn der Druck einer Quecksilbersäule von 700—800 M. M. zu Hülfe genommen wird, Stunden und selbst Tage erfordern. Ist endlich die Höhlung bis zu einer Weite, wo die Capillarwirkung vernachlässigt werden darf, gefüllt, so zeigt die mikroskopische Untersuchung, welche zur Controle immer angewendet werden muss, dass sich im feinen Theile der Röhre mittlerweile Luftbläschen ausgeschieden haben, welche dieselbe unbrauchbar machen. Diese Luftausscheidung tritt auch in soeben frisch gezogenen Röhren ein und zwar um so eher, je enger sie sind. Zuweilen entwickelten sich diese Luftbläschen erst nach dem Einkitten, und wir überzeugten uns nachträglich durch die mikroskopische Untersuchung hievon, nachdem sich herausgestellt hatte, dass die Capillarwirkung einen weit grössern Druck aushielt, als man erwarten konnte. Es stellte sich also die Nothwendigkeit heraus, die feinen Röhrchen nicht bloss vor, sondern auch nach dem Versuche mikroskopisch zu prüfen.

In Folge dieser Uebelstände blieben die meisten der angestellten Versuche, und insbesondere alle diejenigen erfolglos, welche mit Röhrchen von nur 0,001—0,002 M. M. im Durchmesser angestellt wurden. Diese letztern hielten einen Druck von 3—4 Atmosphären Tage lang aus. Als Grund davon liessen sich zwar in den meisten Fällen,

wenigstens theilweise, die Unterbrechungen in der Flüssigkeit, die nachträglich beobachtet wurden, ansehen. Allein sie waren doch nicht immer vorhanden, und in diesem Falle blieb die Ursache des colossalen Widerstandes unaufgeklärt.

Die Versuche ergeben also, dass Röhren, deren Durchmesser nicht unter 0,003 M. M. sinkt, rücksichtlich der Capillarkraft sich dem gewöhnlichen Gesetze fügen. Ob sich feinere Capillarröhren, wie aus den soeben erwähnten Thatsachen hervorzugehen scheint, anders verhalten und ob in denselben mit Abnahme des Durchmessers die Capillarkraft in steigender Progression zunehme, bleibt experimentell vorerst noch unentschieden.

Die Frage, ob sich die Capillarröhre wie eine Pumpe verhalte und ob unter dem Meniscus die Flüssigkeit nur so hoch steige, als es der äussere Luftdruck verlangt, konnte auf zwei Wegen entschieden werden. Entweder musste bei gewöhnlichem Luftdrucke der grösste Theil der Wassersäule durch Quecksilber ersetzt, oder es mussten die Versuche bei vermindertem Luftdrucke (unter der Luftpumpe) angestellt werden. Anfänglich wurde der erste Weg versucht, aber der bedeutenden Schwierigkeiten wegen bald verlassen. Eine mit einem beweglichen Gelenk versehene Röhre, welche horizontal gelegt und aufgerichtet werden konnte, enthielt etwa 26 Zoll Quecksilber und über demselben Wasser; auf das obere Ende wurde eine fein ausgezogene Capillarröhre von weniger als 0,003 M.M. Weite eingekittet. War die weite Röhre über dem Quecksilber bis in ihr capillares Ende mit Wasser gefüllt, so wurde die Quecksilbersäule allmählich in senkrechte Lage gebracht und somit das unter dem capillaren Meniscus befindliche Gewicht auf mehr als eine Atmosphäre gesteigert.

Die schwer zu überwindende Aufgabe bestand darin, den Raum über dem Quecksilber bis zum capillaren Meniscus mit Wasser zu füllen ohne die geringste Unterbrech-

ung durch Luft. Aber wenn auch diess gelang, so wurden doch immer, wie die Untersuchung mit starken Lupen zeigte, in dem feinen Capillarröhrenende einige Luftbläschen ausgeschieden, und in Folge dessen trat ein Zerreissen der Wassersäule und ein Sinken des Quecksilbers ein. Es ist überflüssig, auf die Methode näher einzutreten, da die Versuche ein Resultat nicht ergaben. Das Zerreissen der Wassersäule unter dem Capillarröhrchen mochte ebenso wohl durch die Luftausscheidung veranlasst werden, als man darin eine Analogie mit dem Vorgange in einer Wasserpumpe finden konnte.

Es wurde daher der andere Weg betreten, welcher durch Anwendung der Luftpumpe die Capillarröhren auf eine mässige Länge reduzirte und den Versuch somit sehr vereinfachte. Es war die Frage, ob bei dem verminderten Luftdrucke die Flüssigkeit in der Capillarröhre ebenso hoch steige als beim Druck einer vollen Atmosphäre, oder ob sie wie in einer Pumpe nur eine dem Auftriebe entsprechende Höhe erreiche. Die ersten Versuche wurden mit concentrirter Schwefelsäure angestellt; wegen der grossen Unbeweglichkeit der Flüssigkeitssäule ergaben sie zunächst keine deutlichen Resultate.

Günstiger erwies sich das Wasser. In einer Capillarröhre, deren Weite zwischen 0,22 und 0,18 M.M. variirte und deren dünneres Ende nach oben gerichtet war, stieg das Wasser bei gewöhnlichem Luftdruck bis zu einer Höhe von 160 M.M. Beim Auspumpen der Luft sank das Barometer der Luftpumpe rasch auf 4, 5—5 M.M. und während es die letzten 20 M.M. zurücklegte, sank auch die Flüssigkeit in der Capillarröhre von 160 auf 60 M.M. Es wurde nun zu wiederholten Malen etwas Luft zugelassen und hierauf wieder ausgepumpt. Die Flüssigkeitssäule in der Capillarröhre stieg jedesmal bis zur ursprünglichen Höhe und sank beim Auspumpen wieder auf das bezeichnete, dem Barometer-

stande annähernd entsprechende Niveau. Die Länge der capillaren Wassersäule betrug z. B. bei einer Quecksilberhöhe von 8—9 M.M. 110—120 M.M. und nahm in der Folge, während allmählich Luft von aussen eindrang, in nahezu entsprechendem Verhältnisse zu.

Diese Thatsachen, welche unverkennbar auf einen unmittelbaren oder mittelbaren Zusammenhang zwischen Steighöhe und Luftdruck hindeuteten, schienen die Vermuthung zu bestätigen, dass unter dem concaven Meniscus der Capillarröhre die Flüssigkeit auf gleiche Weise sich erhebe wie unter dem Kolben der Pumpe. Allein fortgesetzte Versuche mit Capillarröhren von verschiedener Weite, bei verschiedener Temperatur, mit verschiedenen Flüssigkeiten und mit verschiedenen Modificationen der Einrichtung bewiesen die Unrichtigkeit dieser Erklärung. Sie zeigten zwar alle, dass bei Flüssigkeiten, die der Verdunstung fähig sind, mit der Zu- und Abnahme des Luftdruckes die Steighöhe in der Capillarröhre wechselt, dass diese Höhe aber nicht die nämliche ist, wie der Luftdruck, wenn derselbe in eine Flüssigkeitssäule übertragen wird.

Was die Methode der Operation betrifft, so wurden die Versuche in folgender Art ausgeführt.

Eine Glasröhre von c. 350 M.M. Länge und 15 M.M. Weite, welche unten mit einem Ansatz versehen war, vermittelst dessen sie unmittelbar auf den Teller der Luftpumpe aufgesteckt werden konnte, diente als Recipient. In diese Röhre wurde ein Reagensgläschen mit etwas destillirtem Wasser, in welches die zu prüfenden Capillarröhren getaucht wurden, eingelassen und je nach Bedürfniss auf verschiedene Höhen eingestellt, was vermöge der schwachen Reibung, die durch zwei aufgekittete Korklamellen hervorgerufen wurde, leicht zu bewerkstelligen war. Die Recipientenröhre konnte oben durch einen Kautschukpfropfen hermetisch verschlossen werden, und eine Stricknadel, welche

sich in demselben auf und ab bewegen liess, diente zur Befestigung der Capillarröhrchen bei jenen Versuchen, wo dieselben erst nach dem Auspumpen der Luft in das Wasser eingetaucht wurden. Wo diess nicht der Fall, wurden die Röhrchen einfach durch eine federnde Korklamelle gesteckt. Dadurch wurden sie in beliebiger Höhe und ungefähr in der Mitte des Recipienten festgehalten, somit vor der Berührung mit dessen Wandung und vor dem Einfliessen condensirter Wasserdämpfe während der Dauer des Versuches möglichst geschützt.

Bezüglich der weitern Vorsichtsmassregeln bemerke ich noch, dass zu jedem Versuch die Capillarröhren frisch angefertigt wurden. Wenn dieselben nur einige Tage alt sind, so werden sie wegen der an ihrer Oberfläche verdichteten Luftschichte unbrauchbar, indem bei vermindertem Luftdrucke diese Luft sich ablöst und kleine Blasen bildet, die die Wassersäule unterbrechen. Alte Capillarröhren können nur dadurch brauchbar gemacht werden, dass man längere Zeit luftfreies Wasser durchzieht oder dass man sie mit Alkohol und Aether reinigt. Frisch gezogene Röhren bedürfen dieser Reinigungsmittel nicht. — Eine andere wichtige Regel besteht darin, dass man zu den Versuchen nur frisch ausgekochtes Wasser verwendet, weil sonst ebenfalls beim Entleeren der Luftpumpe sich Luftbläschen in der capillaren Wassersäule ausscheiden und das Gelingen vereiteln. — Eine Capillarröhre, in welcher mehrere Glasbläschen das Wasser unterbrechen, wird, besonders wenn sie sehr eng ist, am besten entfernt und durch eine frische ersetzt.

Ehe die Versuche und deren Ergebnisse näher dargelegt werden, dürfte es zweckmässig sein, die möglichen Ursachen, welche auf das Sinken der Flüssigkeit in der Capillarröhre beim Auspumpen der Luft Einfluss haben könnten, zu prüfen, weil von dem Resultat dieser Prüfung

die später mitzutheilenden Versuche wesentlich bedingt wurden.

Das Nächstliegende ist die Annahme, es möchte der Rückschlag der aus der Capillarröhre langsamer ausströmenden Luft das Niveau der Flüssigkeit in derselben herabdrücken. Da nämlich beim Auspumpen die Luft aus dem Recipienten schneller abfliesst als aus der Capillarröhre, so muss die vermehrte Spannung in der letztern einen entsprechenden Druck ausüben. Doch lässt schon a priori die Berücksichtigung der wirkenden Kraft und der in Bewegung zu setzenden Masse nur einen sehr geringen Effekt erwarten; und die experimentellen Thatsachen beweisen, dass derselbe ganz vernachlässigt werden kann.

In einem bestimmten Falle z. B. betrug die Steighöhe des Wassers in der Capillarröhre 151 M.M.; das leere Ende der letztern ragte noch um 116 M.M. vor; die Temperatur war 6° C. Beim Auspumpen blieb das Niveau in der Capillarröhre unbeweglich, bis der Barometerstand unter 8 M.M. zurückgieng. Wurde in den bis auf 20 M.M. Barometerstand ausgepumpten Recipienten plötzlich Luft eingelassen, so stieg jenes ebenso plötzlich um 1 M.M. und sank dann langsam (in 1—2 Minuten) auf seinen frühern Stand. Wurde darauf die Verbindung zwischen dem lufterfüllten Recipienten und dem entleerten Hohlraum der Luftpumpe durch Drehen des Hahns plötzlich hergestellt, so fiel das Niveau in der Capillarröhre rasch um etwa ³/₄ MM., um dann wieder langsam auf die ursprünglichen 151 M.M. sich zu erheben.

Soeben wurde erwähnt, dass das Niveau sich nicht regte, bis das Barometer unter 8 M.M. hinabgieng; dann sank es aber auch bei langsamem Pumpen fortwährend. Wenn nun die Spannungsdifferenzen zwischen der Capillarröhre und dem Recipienten, welche bei einer plötzlichen Aenderung des Barometerstandes von 20 auf 760 M.M. oder von

760 auf etwa 50 M.M. eintreten, bloss die Erhebung und Senkung des Niveau's um 1 und $^3/_4$ M.M. bedingen, so ist es ganz gewiss, dass das langsame Sinken des Barometers um 1 und 2 M.M. nur eine unendlich kleine, für den Beobachter gänzlich unbemerkbare Verschiebung zur Folge hat.

Dass die Ursache des Sinkens nicht im Rückstoss der ausströmenden Luft zu suchen sei, geht ferner auch aus denjenigen Versuchen hervor, bei welchen die Capillarröhre erst nach vorhergegangenem Auspumpen und nach längerem Verweilen in dem verdünnten Raume des Recipienten eingetaucht wurde. Das Wasser stieg in diesem Falle nur bis zu jener Höhe, bei welcher es sonst nach dem Sinken stehen blieb, und erreichte erst nach dem Einlassen von Luft das dem Durchmesser der Capillarröhre entsprechende Niveau, welches beispielsweise um 30, 50 oder 100 MM. höher lag. Bei abermaligem Auspumpen sank es genau auf jene ursprüngliche Steighöhe zurück und nicht unter dieselbe; die ausströmende Luft hatte also keinen sichtbaren Effekt.

Man könnte ferner, wenn man das Steigen in Capillarröhren mit Laplace von dem Moleculardruck der oberflächlichen Flüssigkeitsschichten ableitet, die Vermuthung hegen, dass eine Modification der die Flüssigkeit bedeckenden Gase diesen Moleculardruck veränderte. Obgleich diess schon desswegen unwahrscheinlich ist, weil in der Theorie von Laplace die berührenden Gase keine Berücksichtigung finden, so musste doch die Möglichkeit ins Auge gefasst werden. Denn es ist sicher, dass bei unsern Versuchen das Wasser im Recipienten an atmosphärische Luft, die viel Wasserdampf enthält, das Wasser in der Capillarröhre dagegen bloss an Wasserdampf grenzt. Folgende Thatsache beweist aber, dass der Contakt verschiedener Gase keinen Einfluss auf die Steighöhe bei der Capillarröhre hat. Diese letztere bleibt die nämliche, wenn man das Wasser, in welchem die Capillarröhre steht, mit einer Oelschicht be-

deckt, wenn man also den Einfluss der Gase auf der einen Seite ganz eliminirt.

Es bleibt jetzt nur noch eine äussere Ursache übrig, welche das Sinken der Flüssigkeit in der Capillarröhre bewirken kann, nämlich die Spannung der durch die Verdunstung gebildeten Dämpfe. Wenn dieselbe zur Erklärung der Erscheinungen nicht ausreichen sollte, so müssten noch innere Ursachen aufgesucht werden.

Unter der Luftpumpe findet sowohl an der Oberfläche des Wassers im Reagensgläschen als am Meniscus der Capillarröhre eine lebhafte Verdunstung statt. Die am erstern Ort gebildeten Dämpfe vertheilen sich sogleich in dem Recipienten, während die hier gebildeten langsamer aus der engen Capillarröhre entweichen und daher einen grössern Druck ausüben. Diese Differenz in der Spannkraft der Dämpfe wird zwar nur gering sein; bei einer Temperatur von 10° C. kann sie im höchsten Grad einer Quecksilbersäule von 9 M.M. gleich kommen. Man möchte nun aus dem vorhin erwähnten geringen Effekt, den eine sehr grosse Differenz des Luftdruckes zur Folge hat, den Schluss ziehen, dass ein so unbedeutender Unterschied in der Dampfspannung ebenfalls zu vernachlässigen sei. Diess wäre jedoch unrichtig; es können die beiden Fälle überhaupt nicht mit einander verglichen werden, da die Differenz des Luftdruckes nur einmal und momentan, die Differenz der Dampfspannung dagegen dauernd wirkt.

Beiläufig mag hier bemerkt werden, dass die Verdunstung des Wassers in den Capillarröhren sehr lebhaft ist. Sie ist selbst, wie die später mitzutheilenden Versuche zeigen werden, viel lebhafter, als an einer ebenen Wasseroberfläche von gleicher Grösse. Dagegen kommt es in den Capillarröhren unter der Luftpumpe nie zum Kochen, selbst dann nicht, wenn in dem Reagensgläschen in Folge der

[redacted]

lebhaften Verdunstung Eisbildung an der Oberfläche und heftiges Aufwallen unter derselben eintritt.

Um nun zu ermitteln, welchen Antheil die Spannkraft der entwickelten Dämpfe an dem Sinken des capillaren Niveaus unter der Luftpumpe habe, stellten wir verschiedene Versuche an. Vor Allem aus waren einerseits bei gleicher Verdunstung Capillarröhren mit leeren Enden von ungleicher Länge und Weite, anderseits bei gleicher Beschaffenheit der Capillarröhren Flüssigkeiten mit ungleich lebhafter Verdunstung zu vergleichen.

Aus einem engen und langen Röhrenende, das sich über dem capillaren Meniscus befindet, muss der Dampf langsamer abfliessen als aus einem weiten und kurzen Ende. Dort muss er demnach ceteris paribus eine grössere Spannkraft erreichen und das Niveau der Flüssigkeit tiefer hinabdrücken als hier. Diess wird ohne Ausnahme durch die Thatsachen bestätigt. Besonders interessant sind die Versuche, bei welchen die nämliche Capillarröhre ein ungleich langes Ende über dem Meniscus hatte. Ich theile einige derselben mit.

1) Weite der Capillarröhre 0,212 M.M. Temperatur 4° C. Die Luftpumpe wurde bis auf 3,5 M.M. Barometerstand entleert und dann die Capillarröhre eingetaucht. Das Wasser stieg 98 M.M. hoch; nach dem Einlassen von Luft auf 141 M.M. Auspumpen auf einen Barometerstand von 3,5 M.M. hatte wieder ein Sinken auf 98 M.M. zur Folge. Differenz 43 M.M. Die Capillarröhre über der Wasseroberfläche des Reagensgläschens war 251 M.M. lang und das leere Ende über dem Niveau hatte bei dem Drucke einer Atmosphäre eine Länge von 110 M.M., bei dem Barometerstand von 3,5 M.M. eine Länge von 208 M.M.

Die Capillarröhre wurde dann um 108 M.M. verkürzt, so dass das leere Ende über dem Meniscus bloss 2 M.M. lang war. Beim Auspumpen auf einen Barometerstand von

3,5 M.M. sank das Niveau in 15 Minuten bloss um $1^1/_2$ M.M.

2) Weite der Capillarröhre 0,215 M.M. Temperatur 15° C. Beobachtete Steighöhe beim Druck einer Atmosphäre 136 M.M. Rasches Auspumpen auf einen Barometerstand von 4 M.M. machte auf 32 M.M. fallen; Differenz 104 M.M. Das leere Ende über dem capillaren Niveau war ungefähr 100 M.M. lang.

Die Capillarröhre abgebrochen, so dass die 127 M.M. lange Wassersäule in derselben bis ans Ende reichte. Langsames und rasches Pumpen liess dieselbe während 5 Minuten ganz unbeweglich.

3) Weite der Capillarröhre 0,194 M.M. Temperatur 15° C. Beobachtete Steighöhe bei einer Atmosphäre 150 MM. Die Capillarröhre abgebrochen, so dass die 149 M.M. lange Wassersäule bis oben reichte. Ausgepumpt bis auf einen Barometerstand von 6 M.M.; das Niveau der Capillarröhre rührte sich nicht. Während längern Pumpens erniedrigte es sich äusserst langsam, so dass es nach 15 Minuten 3 M.M. unter dem obern Rand sich befand. Dann fieng es an rasch zu sinken bis auf 110 M.M. Höhe; ein zweites Mal auf 89 M.M. Höhe. Differenz von der normalen Steighöhe 40 und 61 M.M.; Barometerstand 6 M.M.

Die Capillarröhre wurde noch einmal etwas verkürzt, so dass die 145 M.M. lange Wassersäule bis ans Ende reichte. Die Entleerung der Luftpumpe auf einen Barometerstand von 5—6 M.M. bewirkte zuerst keine Veränderung. Dieser Barometerstand wurde durch unterbrochenes Pumpen während 20 Minuten unterhalten. Das Niveau sank während dieser Zeit um 5 M.M., und zwar anfänglich in etwa 6 Minuten, zuletzt in etwa 3 Minuten um je 1 M.M. Dann beobachtete man ein langsames Niedergehen, das immer schneller wurde, bis die Wasserhöhe in der Capillar-

[redacted]

röhre bloss noch 10 M.M. betrug. Differenz von der normalen Steighöhe 140 M.M.

Von der Röhre wurde abermals ein kurzes Stück abgebrochen. Die bis zur Spitze reichende Wassersäule hatte eine Länge von 138 M.M. Die Luftpumpe wurde auf einen Barometerstand von 4,5 M.M. entleert und durch periodisches Pumpen auf diesem Stande erhalten, so dass nach 8 bis 10 Kolbenzügen Ruhe von 3 bis 4 Minuten eintrat. Nach jedesmaligem Pumpen und der darauf folgenden Ruhezeit sank das Niveau um 1 M.M., so dass es nach 30 bis 35 Minuten 9 M.M. tiefer stand als anfänglich. Sodann trat bei abermaligem Pumpen erst langsames, dann immer schnelleres Sinken ein, so dass das Niveau auf 0 (d. h. auf gleicher Höhe mit dem Wasser in dem Reagensgläschen) stand. Differenz gegenüber der normalen Steighöhe 150 M.M. Nachdem etwas Luft eingelassen worden und das Wasser auf eine Höhe von 106 M.M. gestiegen war, gieng es bei abermaligem Pumpen wieder auf Null herunter.

4) Weite der Capillarröhre 0,198 M.M. Temperatur 6° C. Beobachtete Steighöhe bei 1 Atmosphäre 151 M.M.; leeres Ende über dem capillaren Niveau 116 M.M. Steighöhe bei 8 M.M. Barometerhöhe 23 M.M.; Differenz 128 M.M.; leeres Ende über dem capillaren Niveau 244 M.M.

Capillarröhre so abgebrochen, dass die 149 M.M. hohe Wassersäule bis ans obere Ende reichte. Ausgepumpt und der Barometerstand fortwährend auf 4 bis 5 M.M. erhalten. Das Niveau erniedrigte sich äusserst langsam; es bedurfte 5/4 Stunden, um 5 M.M. abwärts zurückzulegen. Erst jetzt fieng es an langsam, dann immer rascher zu sinken.

Es wäre überflüssig, noch andere Versuche anzuführen. Bei allen zeigte sich die nämliche Erscheinung, dass in einer Capillarröhre, in welcher das Wasser bis zum obern Rand hinaufreichte, beim Entleeren der Luftpumpe anfangs gar keine Veränderung, dann aber ein so langsames Sinken

eintrat, dass in 6 bis 25 Minuten kaum der erste Millimeter zurückgelegt wurde. Diese für das Auge nicht unmittelbar wahrnehmbare Bewegung dauert nach Umständen längere oder kürzere Zeit an; sie wird zunächst dadurch bedingt, dass zeitweise eine grössere Menge Wasser verdunstet, als durch die Capillarität ersetzt werden kann. Das Steigen in den engen Capillarröhren geht nämlich im untern Theil ausserordentlich schnell, zu oberst aber sehr langsam vor sich. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass wenn in einem Zeitmoment durch raschere Verdunstung das capillare Niveau sich etwas gesenkt hat, es diese Stellung behält, wenn auch nachher die Verdunstung wieder abnimmt und der Barometerstand unter der Luftpumpe steigt. Dieses Factum gehört einer ganzen Kategorie von capillaren Erscheinungen an, welche dadurch charakterisirt ist, dass das Niveau der Flüssigkeit ein gewisses Beharrungsvermögen besitzt und dass zur Aenderung desselben die Umstände, die sonst einen andern naheliegenden Stand bedingen, nicht ausreichen, sondern dass dafür ein grösserer oder kleinerer Kraftüberschuss erforderlich ist.

Das dem Auge sichtbare Sinken in der abgebrochenen Capillarröhre tritt je nach den Umständen früher oder später ein. Bei einer Temperatur von 15° C. genügte dafür schon ein leeres Röhrenende, das 15 mal länger war als sein Durchmesser (Versuch 3). Bei einer Temperatur von 6° C. musste es 25 mal so lang sein (Versuch 4). Dieses Sinken beginnt ferner um so früher, je mehr die Wassersäule der normalen Länge gleichkommt. Beim dritten Versuch hatte nach mehrmaligem Abbrechen der Capillarröhre die Wassersäule 8 Procent weniger als die normale Länge. Das leere Ende musste 45 mal so lang werden als sein Durchmesser, um das sichtbare Sinken zu veranlassen, während bei normaler Länge der Wassersäule die 15 malige Länge dazu genügt hatte.

Die andere Frage war die, wie sich Flüssigkeiten mit ungleich lebhafter Verdunstung unter der Luftpumpe verhalten. Die Versuche gaben die Antwort, dass nicht verdunstende Flüssigkeiten (concentrirte Schwefelsäure, fette Oele) in den Capillarröhren unbeweglich bleiben, und dass die übrigen um so schneller und tiefer sinken, je energischer die Verdampfung eintritt. Wenn man mit der nämlichen Flüssigkeit, nämlich mit destillirtem Wasser operirt, so beobachtet man, unter übrigens gleichen Umständen, ein um so bedeutenderes Fallen des Niveau, je höher die Temperatur und je tiefer der Barometerstand ist. Diess ergiebt sich aus einer Menge von Thatsachen. Doch lassen sich die einzelnen Factoren nicht genau in Ziffern angeben, da es schwer ist, ganz gleiche Bedingungen herzustellen.

Es mögen hier einige Beispiele folgen, welche wenigstens im Allgemeinen einen Begriff von den Erscheinungen geben.

Temperatur.	Barometer.	Steighöhe.	Steighöhe bei 1 Atmosph.	Differenz.	Weite der Capillarröhre.
3° C.	2,4	88	141	53	0,212
3°	3	97	141	44	0,212
3,7°	3,4	69	129	60	0,241
3,7°	4,5	96	129	33	0,241
6,3°	1,7	87	187	100	0,162
7,5°	2	28	128	100	0,233
7,5°	2,3	14	48	34	0,625
7,5°	1	3	48	45	0.625
7,2°	5	34	55	21	0,550
7,2°	1	14	55	41	0,550
8°	9	70	75	5	0,400
8°	6,5	63	75	12	0,400
8°	3,5	44	75	31	0,400
8°	1,5	18	75	57	0,400
15°	4	10	150	140	0,190
16°	4	0	150	150	0,190

Es machen diese Angaben, wie schon gesagt, keinen Anspruch darauf, genau vergleichbare Ziffern zu geben, da die Steighöhe noch von einigen Factoren abhängt, die in der Tabelle durch keine Zahlenwerthe angegeben werden konnten. Es gehört hieher ausser der Länge und Weite des leeren Capillarröhrenendes noch der Umstand, ob langlangsames oder rasches Pumpen vorausgieng und ob in dem Gasgemenge, welches den Barometerstand bedingt, mehr oder weniger Wasserdampf enthalten ist. Diese Punkte werden später erörtert werden.

Was den Einfluss des Barometerstandes betrifft, so ist es bekannt, dass die Verdunstung des Wassers mit Abnahme des Luftdruckes zunimmt; die Verhältnisse der Progression sind nicht ermittelt. Aus einigen Versuchen, die wir zu anderm Zwecke anstellten, ergab sich, dass die Verdunstungsmengen bei sehr niedrigen Barometerständen ungemein rasch zunehmen. Bei 8° C. war die Verdunstung äusserst langsam, solange das Barometer über 6 bis 7 M.M. stand, sodass während längerer Zeit eine Erniedrigung der Wassersäule in einer unten geschlossenen Capillarröhre nicht bemerkbar wurde. Als das Barometer auf 1 bis 1,5 M.M. gesunken war, so verdunsteten in einer Röhre von 0,120 M.M. Durchmesser 7 M.M. während 5 Minuten.

Uebereinstimmend mit der soeben erwähnten Thatsache, beobachteten wir bei allen Versuchen, dass das Sinken des Niveau's in den Capillarröhren erst bei einem sehr niedrigen Barometerstand beginnt. Pumpt man z. B. auf 10 M.M. Quecksilberhöhe aus, und erhält man diese Verdünnung während längerer Zeit, so bleibt die capillare Wassersäule vollkommen unbeweglich. Die Verdunstung ist so gering, dass sie ein Sinken derselben nicht zur Folge hat. Wird die Luftpumpe dagegen stärker entleert, so tritt ein bestimmter Grad der Verdünnung ein, bei welchem die Er-

[redacted]

niedrigung sichtbar wird. Einige Beispiele mögen diess anschaulich machen.

Barometerst. b. Beginn d. Sink.	Temperatur.	Durchmesser der Röhre.	Leeres Röhrenende.	Steighöhe.
12 M.M.	15°	0,215	lang	normal
5	15°	0,190	6 M.M.	N—7 M.M.
6	15,5°	0,190	5 M.M.	N—10 M.M.
8	8°	0,172	lang	normal
9	8°	0,233	lang	normal
5	6,5°	0,162	13 M.M.	normal
4	6°	0,198	5 M.M.	N— 7 M.M.
5	5°	0,183	lang	normal
4,5	4°	0,241	lang	normal

In der letzten Columne ist die Steighöhe angegeben, bei welcher das Sinken anfängt. Bei längerem leeren Röhrenende ist es die normale Höhe (N). In den abgebrochenen Röhren mit kurzem leeren Ende ist sie geringer (N—7 M.M. etc.). Je mehr von der normalen Steighöhe mangelt, um so grösser muss die Kraft sein, welche das Sinken hervorbringt, um so höher also die Temperatur oder um so niedriger der Barometerstand. — In dem ersten Beispiel war bei 13 M.M. Quecksilberhöhe die Wassersäule der Capillarröhre noch ganz unverändert. Ein schwacher Kolbenzug, der das Barometer auf 12 M.M. erniedrigte, bewirkte ein ziemlich rasches Sinken um 4—6 M.M. So wie das Barometer wieder auf 13 M.M. hinaufgieng, nahm auch das capillare Niveau seinen ursprünglichen Stand wieder ein. Diess Experiment wurde mit dem nämlichen Erfolg mehrmals wiederholt.

Wenn man die Capillarröhre erst nach Entleerung der Luftpumpe eintaucht, so erhält man den soeben erwähnten entsprechende Resultate. Hat nämlich die Verdünnung der Luft einen gewissen Grad nicht erreicht, so steigt nach

dem Eintauchen das Wasser in der Capillarröhre auf die nämliche Höhe wie bei dem Druck einer ganzen Atmosphäre. Eine Röhre von 0,198 M.M. Durchmesser wurde bei einem Barometerstand von 6,5 M.M. und einer Temperatur von 6° C. in Wasser gebracht. Das Niveau stieg 151 M.M. hoch; bei einer Atmosphäre gieng es nicht höher. Es behauptete auch diesen Stand, als während längerer Zeit bei langsamem Pumpen das Barometer auf 6,5 M.M. erhalten blieb. Dagegen sank es, als durch Erwärmen des Recipienten mittelst der Hand die Temperatur etwas erhöht wurde. Eintauchen bei 5 M.M. Barometerhöhe bewirkte bloss eine Steighöhe von etwas über 100 M.M.

Der Einfluss der Wärme giebt sich bei allen Versuchen deutlich kund, indem unter übrigens gleichen Verhältnissen bei höherer Temperatur das Sinken des Niveaus theils früher beginnt, theils einen tiefern Grad erreicht. Auch bei gewöhnlichem Luftdruck hat die Wärme auf die Steighöhe in den Capillarröhren Einfluss, wiewohl er lange nicht so in die Augen springt wie bei den Versuchen unter der Luftpumpe. Doch kann man bei drei leicht herzustellenden Temperaturgraden nämlich bei Null, bei 15—20° und in der Nähe des Siedepunktes deutliche Verschiedenheiten beobachten.

Der Zusammenhang zwischen Verdunstung und Steighöhe zeigt sich auch sehr auffallend, wenn man andere Flüssigkeiten mit Wasser vergleicht. Bei Alcohol und Aether beginnt das Sinken des capillaren Niveaus bei einem höhern Barometerstand und bei einem niedrigeren Temperaturgrad.

Alcohol von 96—97 Grad stieg bei 5° C. und bei dem Druck einer Atmosphäre in einer Röhre von 0,105 M.M. Durchmesser auf 107 M.M. Das leere Ende über diesem Niveau war 173 M.M. lang. Als bei langsamem Pumpen das Barometer auf 16 M.M. hinabgieng, so fieng das Niveau an rasch zu sinken, und hatte noch eine Höhe von 12 M.M.

(Differenz 95 M.M.) bei 9 M.M. Barometerhöhe, also bei einem Druck und einer Temperatur, bei welcher eine Wassersäule noch unbeweglich ist.

In einer andern Röhre von 0,112 M.M. Weite stieg der Alcohol bei einer Temperatur von 6,4° C. auf 100 M.M. Das leere Ende über diesem Stand hatte eine Länge von 100 M.M. Bei langsamem Pumpen begann das Sinken, als der Barometerstand auf 20 M.M. sich erniedrigt hatte, und als derselbe bei 8,5 M.M. angelangt war, so stand der Alcohol bloss noch 11 M.M. hoch in der Capillarröhre. Als das Pumpen eingestellt wurde, so stieg das Niveau mit dem Barometer, und erreichte seine normale Höhe, sobald der Barometerstand 20 M.M. betrug.

Die nämliche Capillarröhre wurde, nachdem sie entleert und wieder in den Recipienten gebracht worden war, erst eingetaucht, nachdem die Luftpumpe evacuirt und der Barometerstand während einiger Zeit auf 8—9 M.M. erhalten worden war. Das Niveau stieg langsam auf 12 M.M. Der Barometerstand wurde dann auf 8, 6 und 4 M.M. erniedrigt und längere Zeit auf diesem Stande erhalten; das capillare Niveau gieng nicht unter 11 M.M. — Die gleiche Röhre wurde noch einmal entleert und dann erst eingetaucht, nachdem bis auf einen Barometerstand von 4 M.M. ausgepumpt worden war. Das Niveau erhob sich jetzt allmählich auf 11 M.M.

Aether stieg bei 9,5° C. und dem Druck einer Atmosphäre in einer Röhre von 0,217 M.M. Durchmesser auf 47 M.M. Das leere Ende über diesem Niveau war über 100 M.M. lang. Bei sehr langsamem Pumpen fieng das Sinken schon an, als der Barometerstand noch 270 M.M. betrug. — Das Herabdrücken des capillaren Niveau's durch die Spannkraft der Aetherdämpfe kann man auch bei gewöhnlichem Luftdrucke beobachten, wenn man eine Capillarröhre das eine Mal mit offenem, das andere Mal mit bei-

nahe oder gänzlich geschlossenem Ende zu den Versuchen anwendet. Eine Capillarröhre von 0,177 M.M. Durchmesser wurde bei 16° C. in eine ziemlich feine (doch noch offene) Spitze ausgezogen und in Aether gestellt; die Steighöhe war 53 M.M. Dann wurde die Spitze abgebrochen; das Niveau stand jetzt 55 M.M. hoch. Diess wurde mit dem gleichen Erfolge wiederholt. Eine andere Röhre, in gleicher Weise behandelt, zeigte die Steighöhen 43 und 45 M.M. — In einer Capillarröhre, in welcher bei offenem Ende das Niveau 50 M.M. hoch stand, sank dasselbe, nachdem das Ende mit Wachs verklebt worden, auf 47 M.M.

Alle bis jetzt erwähnten Thatsachen beweisen, dass die Steighöhe in den Capillarröhren bei vermindertem Luftdrucke desswegen sich erniedrigt, weil die Verdunstung lebhafter wird. Es bleibt aber noch zweifelhaft, ob es die Spannkraft der Dämpfe allein sei, welche das capillare Niveau herunterdrückt, oder ob vielleicht innere Ursachen mitwirken. Um diess zu ermitteln, wurde eine Reihe fernerer Beobachtungen angestellt, welche in einer folgenden Mittheilung dargelegt werden sollen.

[redacted]

26. Die systematische Behandlung der Hieracien rücksichtlich des Umfanges der Species.

(Vorgetragen den 21. April 1866.)

Ich habe in meiner Mittheilung vom 10. März die systematische Behandlung der Gattung Hieracium erörtert, insoferne es die Unterscheidung von Haupt- und Zwischenformen betrifft. Eine andere Frage ist die, wie weit der Begriff der Art gefasst werden soll? Welche Hauptformen und welche Zwischenformen als Species getrennt, welche als als Varietäten in eine Species vereinigt werden müssen.

Hieracium Pilosella, H. Hoppeanum, H. Peleterianum, H. Pseudopilosella sind Hauptformen, keine derselben kann als Zwischenform irgend welcher anderer Formen angesehen werden. Sollen wir sie als ebenso viele Arten, oder als Varietäten Einer Art aufführen? Sollen wir Hieracium murorum und H. vulgatum, um anderer verwandter Formen nicht zu erwähnen, spezifisch trennen oder vereinigen? Sind Hieracium Auricula und H. glaciale, H. amplexicaule und H. pulmonarioides, H. boreale und H. sabaudum als Species oder als Varietäten zu betrachten?

Dass die Zwischenformen nicht als Varietäten den Hauptformen untergeordnet werden dürfen, sondern dass sie denselben coordinirt werden müssen, habe ich in meiner frühern Mittheilung nachgewiesen. Allein nun frägt es sich ferner, wie sie mit Rücksicht auf ihr gegenseitiges Verhältniss zu behandeln seien, und zwar in doppelter Beziehung:

1) Zwischen 2 Hauptformen giebt es mehrere Zwischenformen; sollen dieselben als eine oder als mehrere Arten aufgeführt werden? Hieracium albidum und H. prenan-

thoides sind durch eine Reihe wenig bekannter Zwischenformen verbunden. Ist die ganze Reihe als eine Species zu behandeln oder in mehrere zu trennen? Wie ist es mit den Zwischenformen von H. murorum und H. alpinum, H. murorum und H. villosum, H. Pilosella und H. praealtum etc. zu halten? Die Autoren haben diese Zwischenglieder bald als eine, bald als zwei und drei Arten aufgezählt.

2) Zwischen zwei Hauptformen, die als Arten getrennt werden, aber einander sehr nahe stehen, und einer dritten Hauptart giebt es Zwischenformen; sollen dieselben spezifisch getrennt oder vereinigt werden? Die Zwischenform von H. Auricula und H. aurantiacum ist derjenigen von H. glaciale und H. aurantiacum sehr ähnlich. Die Zwischenform von H. Pilosella und H. pratense steht derjenigen von H. Pilosella und H. aurantiacum habituell und in den Merkmalen sehr nahe. Sind dieselben als zwei Arten, oder als zwei Varietäten Einer Art aufzuführen?

Stellen wir uns zur Beantwortung aller dieser Fragen auf einen ganz voraussetzungslosen Standpunkt, so werden wir sagen, dass über den Werth einer Form nur die Constanz entscheidet. In dieser Forderung müssen, sowie es sich um die Praxis handelt, Alle übereinstimmen, zu welcher Theorie sie sich auch bekennen mögen. Einer Form, die durch eine längere Reihe von Generationen sich constant erhält, wird immer auch ein grösserer systematischer Werth beigelegt werden.

Man spricht zwar häufig auch von wesentlichen und unwesentlichen Merkmalen. Species seien diejenigen Formen, welche sich durch wesentliche, Varietäten, die sich nur durch unwesentliche Merkmale unterscheiden. Es ist diess ein überkommener Ausspruch, der ziemlich gedankenlos wiederholt wird. Was ist eine systematisch wesentliche

Eigenschaft anders als eine solche, die sich durch die Constanz bewährt? Wir können von keiner morphologisch oder physiologisch noch so wichtigen Erscheinung zum voraus behaupten, dass sie auch in systematischer Beziehung wesentlich sein müsse. Vielleicht gehört sie bloss einer unbedeutenden Varietät, vielleicht selbst einer individuellen Modification an. Das nämliche Merkmal ist bei einer Pflanze wesentlich und bei einer nahe verwandten andern Pflanze erweist es sich als unwesentlich, was wir aber nur daraus erkennen, dass es bei jener constant, bei dieser variabel ist.

Der Begriff der Constanz ist im Prinzip ganz scharf. Er wird durch die Zahl der Generationen oder überhaupt durch die Zeit bestimmt, während welcher unter verschiedenen äussern Bedingungen eine Eigenschaft unverändert bleibt. Aber wie klar auch die Definition sei, eben so schwierig ist die Anwendung, ebenso unklar und verworren der Sprachgebrauch. In der That, wenn von einem constanten Merkmal gesprochen wird, so wissen wir sehr oft nicht, welche Bedeutung wir diesem Worte beilegen sollen.

Der Ausdruck Constanz wird nicht bloss dann gebraucht, wenn eine Eigenschaft während einer Reihe von Jahren sich nicht verändert. Er hat noch eine andere Bedeutung. Der Systematiker nennt ein Merkmal beständig, wenn es bei allen Individuen, die er gesehen hat, das gleiche ist. Eine südamerikanische oder neuholländische Pflanzenform, welche in den 50 Exemplaren, die in den europäischen Herbarien liegen, keine Abweichungen zeigt, heisst constant.

Wir haben also eine doppelte Constanz, eine zeitliche und eine räumliche. Jene ist unserer Beobachtung nur in sehr seltenen Fällen unmittelbar zugänglich. Wenn von Beständigkeit gesprochen wird, so ist es in der Regel die räumliche, welche man eigentlich meint.

Beide Begriffe stehen in einer gewissen Beziehung zu

einander. Wenn ein Merkmal durch eine Reihe von Generationen constant bleibt, so muss es auch in allen denjenigen Individuen das nämliche sein, welche von dem einzigen oder den mehreren unter einander gleichen Individuen der ersten Generation herstammen. Die zeitliche Constanz hat also immer die räumliche zur Folge. Die letztere ist die abgeleitete. Frägt es sich, in wiefern man aus ihr auf jene zurückschliessen könne, so ist dabei besonders zweierlei zu berücksichtigen.

Nur wenn ein Merkmal in allen Individuen einer Pflanzenform vorhanden ist, so dürfen wir annehmen, dass es auch in den frühern Generationen schon existirt habe. Wäre es in einem Theil der Individuen so, in einem andern anders beschaffen, so wüssten wir nicht, wie viel Zeit es braucht, um die eine Modification in die andere überzuführen, und ob vielleicht dieser Wechsel selbst von einer Generation zur nächst folgenden eintritt. Es ist daher immer gewagt, von einer beschränkten Zahl von Pflanzen auf die Beständigkeit einer Form zu schliessen.

Ferner dürfen wir von einem Merkmal, das in allen Individuen einer Pflanzenform sich findet, nur dann auf eine nothwendige Constanz in der Generationenfolge schliessen, wenn dasselbe nicht durch die äussern Einflüsse bedingt wird. Eine Pflanze, die auf einer sterilen sandigen Haide schmächtige wenigblüthige Exemplare bildet, wird natürlich, solange sie auf dieser Localität bleibt, durch alle Generationen beständig sein. Aber es ist diess nicht die wahre Constanz; denn auf einem fruchtbaren Boden verändert sie sich. So verhält es sich mit den gedrungenen und stengellosen Formen der nivalen Region und mit vielen andern Beispielen.

Wir werden also von der räumlichen auf die zeitliche Constanz mit voller Berechtigung nur dann schliessen, wenn eine Eigenschaft oder ein Complex von Eigenschaften in

allen Individuen und auf den verschiedenartigsten Standorten unverändert auftritt.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass wir für die Beurtheilung des systematischen Werthes einer Pflanzenform im Allgemeinen zwei Kriterien haben. Entweder wird die zeitliche Constanz, um die es sich allein handelt, auf direktem Wege geprüft, oder man zieht auf indirektem Wege aus der räumlichen Constanz einen Schluss auf dieselbe. Die Mittel dazu sind die Kulturversuche und die Beobachtungen in der freien Natur. Es ist selbstverständlich, dass nur die erstern einen absolut sichern Beweis zu geben vermögen, vorausgesetzt, dass sie überhaupt in der Weise, wie es nothwendig ist, ausgeführt werden könnten. Da diess aber, wie die Berücksichtigung der thatsächlichen Verhältnisse ergiebt, unmöglich ist, so werden wir vorzugsweise auf die Beobachtung der Vorkommensverhältnisse angewiesen.

Es giebt wohl kaum einen Grundsatz, der häufiger ausgesprochen wird and allgemeinere Anerkennung findet, als der, dass die Constanz der Formen durch Kulturversuche geprüft und erprobt werden müsse. Allein es kann nicht in Abrede gestellt werden, dass über denselben nicht immer die nöthige Klarheit herrsche und dass er nicht stets mit gehöriger Kritik angewendet werde. Man findet so häufig bei einer neuen oder zweifelhaften Art die Angabe, es habe dieselbe sich so und so viele Jahre im Garten unverändert erhalten, woraus geschlossen wird, dass es eine „gute Species" sei. Auch die Hieraciologen haben sich nicht selten dieses Arguments bedient. So sagt z. B. Fries, „er habe die sehr ähnlichen Hieracium amplexicaule und H. pulmonarioides in einer Kultur von 30 und mehr Jahren gut begrenzt erfunden", oder „er betrachte H. fragile Jordan, obgleich kaum durch ein gutes Merkmal kenntlich, für eine besondere Art, weil sie in 10jähriger Kultur ihren

eigenthümlichen Habitus behalten habe", etc. Ebenso bemerkt F. Schultz: „Ich halte Hieracium Peleterianum Merat. für eine gute Art; ich habe sie seit 10 Jahren neben H. Pilosella in Kultur und diese beiden Pflanzen haben hier alle ihre Merkmale behalten".

Bei solchen Angaben ist mit Rücksicht auf die herrschenden Ansichten über die Vererbung der Merkmale zu bedauern, dass nicht gesagt wird, ob die Pflanze als Stock aus der Wildniss in den Garten versetzt oder aus Samen erzogen wurde, ferner ob eine wiederholte Aussaat stattgefunden hat oder nicht, endlich aus welcher Gegend und von welcher Localität die Pflanze herstammte. Je nachdem mit Rücksicht auf diese Punkte es sich so oder anders verhält, muss eine mehrjährige Kultur, eine ziemlich verschiedene Bedeutung erhalten. Möglicherweise hat man am Ende der Versuchsperiode noch den nämlichen Pflanzenstock, der aus der Wildniss geholt wurde. Meistens kultivirt man die zweite Generation der wilden Pflanze, diese als erste Generation gesetzt. Man könnte nach 10jähriger Kultur aber auch die sechste Generation erreichen, wenn wir für jede zwei Jahre ansetzen; und nur in diesem Falle könnte das höchste Maass der Veränderungen eintreten, welches für eine 10jährige Kultur überhaupt möglich ist. In dieser letztern Weise ist aber in dem nämlichen Garten bis jetzt gewiss nie ein Hieracium kultivirt worden. — Stammt die Pflanze aus der Nähe, sodass möglicher Weise die klimatischen und die Bodenverhältnisse der natürlichen Localität fast identisch sind mit denen des Gartens, in welchem die Kulturversuche angestellt werden, so ist kaum eine Aussicht auf eine Veränderung vorhanden. Kommt sie dagegen von einem Standort mit sehr verschiedenen äussern Verhältnissen, so lassen sich bedeutendere Umwandlungen erwarten.

Fragen wir uns nun aber, welche Veränderungen eine 10- oder selbst eine 40jährige Kultur an einer Pflanzenform

überhaupt hervorbringen könne, so ergiebt Theorie und Praxis in voller Uebereinstimmung, dass dieselbe im Allgemeinen nichts anderes vermag, als die frühern Localitätsmerkmale wegzunehmen und an deren Stelle die Localitätsmerkmale des Gartens zu setzen. Sie kann nur die unmittelbar von den äussern Verhältnissen herrührenden Eigenthümlichkeiten modifiziren, insofern nämlich der Garten andere äussere Verhältnisse darbietet. Sie wird aber die constanten Merkmale nicht ändern, selbst wenn dieselben nur eine wenig abweichende Varietät charakterisiren.

Wenn die Kultur in der von manchen Systematikern beanspruchten Weise über den spezifischen Werth entscheiden könnte, so müssten wir alle constanten Varietäten zu Arten erheben. Die Racen der ein- und zweijährigen Kulturpflanzen und die Varietäten, deren Samen in den jährlichen Katalogen der botanischen und Handelsgärten angeboten werden, wären eben so viele Species. In der Gattung Hieracium wären die Abänderungen mit röhrigen Blüthen, die man mit Recht als leichte kaum nennenswerthe Varietäten betrachtet, gute Arten, denn nach Bernhardi (Ueber den Begriff der Pflanzenart pag. 16) erhalten sie sich bei der Aussaat unverändert. Ich bin überzeugt, dass wenigstens 10 Varietäten von Hieracium Pilosella in der Kultur constant bleiben, wenn man sie vor hybrider Befruchtung schützt; und was die übrigen Hieracien betrifft, so dürfte sich eine grosse Zahl der Arten von Jordan, welche die Systematiker nicht einmal als Varietäten unterscheiden mögen, in den Gärten als beständig erweisen.

Meine Ueberzeugung von der Constanz der Hieracien-Varietäten schöpfe ich aus den Vorkommensverhältnissen. Die Natur hat eine Menge von Kulturversuchen angestellt und zwar mit viel eingreifenderen Mitteln bezüglich der äussern Einflüsse und der Zeitdauer, als wir es zu thun vermögen. Wir können ihre Kulturresultate auf den Loca-

litäten studiren. Ich verweise auf die Mittheilung vom 18. November 1865, wo ich weitläufig hierüber gesprochen habe. Dort habe ich angegeben, dass Hieracium Pilosella Hoppeanum (H. piloselliforme) seit der Eiszeit, also Hunderttausende von Jahren, in der Nähe von München unter H. Pilosella wächst, ohne in letzteres übergegangen zu sein. Ebenso finden wir häufig andere Varietäten von H. Pilosella auf der nämlichen Localität beisammen, und eben dasselbe gilt für die Varietäten der übrigen Hieracium-Arten. Wir wissen zwar in keinem einzelnen Falle, wie lange sie schon in Gesellschaft leben. Aber aus der Art und Weise der Verbreitung überhaupt, sowie aus der grossen Individuenzahl und der Häufigkeit des gemeinsamen Vorkommens müssen wir schliessen, dass dieses gemeinsame Vorkommen im Allgemeinen gedauert hat, seitdem die Pflanzen zu ihrer jetzigen Verbreitung gekommen sind, d. h. jedenfalls lange vor der historischen Zeit. Von diesem Gesichtspunkte aus mangelt jede rationelle Berechtigung einem Verfahren, welches zwei Pflanzenformen, die seit Jahrtausenden auf der gleichen Localität gut begrenzt geblieben sind, in den Garten pflanzt und nach einer weitern Probezeit von 10 oder 20 Jahren für speciesfähig erklärt.

Die Kultur der Hieracien, ebenso wie diejenige aller übrigen Pflanzen, kann uns demnach keinen Aufschluss geben über die Frage, ob Species oder Varietät, ebenso wenig, ob Hauptform oder Zwischenform, oft selbst nicht, ob reine oder hybride Form. Sie zeigt uns bei richtiger Anwendung höchstens, ob ein Merkmal unmittelbar durch die äussern Verhältnisse bedingt ist oder nicht. Bleibt aber der aus der Wildniss in den Garten gepflanzte Stock unverändert, so kann es die Constanz des ersten besten Apfelbaumes sein, der in seiner Sorte sich ebenfalls nicht ändert. Bleibt eine Pflanze durch mehrere Generationen beständig,

so wissen wir noch nicht, ob es die Constanz der Bastarde ist, welche nach Gärtner bis in die zehnte Generation dauern kann, oder die seculare Constanz der Mittelformen, Varietäten und Arten.

Es ist möglich, dass bei der Kultur nicht bloss die Localitätsmerkmale sich ändern, sondern dass einmal auch andere Veränderungen eintreten, wie sie in der Wildniss ebenfalls nicht fehlen. Meistens sind es morphologische und physiologische Umbildungen, die uns über das Wesen der Pflanzen wichtige Aufschlüsse geben, aber kaum je über den Werth der systematischen Formen belehren. Nach verschiedenen Angaben sollen zwar bei andern Pflanzen und bei Hieracien auch Varietäten, die ich nach den Vorkommensverhältnissen als constant betrachten muss, im Garten umgewandelt worden sein, was mir unglaublich erscheint. Es würde mich zu weit führen, wenn ich auf einzelne Beispiele eintreten wollte. Ich erlaube mir jedoch auf drei allgemeine Ursachen der Täuschung hinzuweisen, für die ich als Belege bestimmte Fälle anführen könnte.

Die eine liegt in Verwechslungen des Namens oder der Aufschrift, die bei verschiedenen Gelegenheiten eintreten können, beim Versenden der Samen, beim Empfang derselben und beim Aussäen, beim Verpflanzen, bei verschiedenen Gartenarbeiten. Alle derartigen Irrthümer können von dem Experimentator durch gehörige Controle vermieden werden, mit Ausnahme desjenigen, der allenfalls von dem, der die Samen liefert, begangen wird.

Die andere Ursache der Täuschung liegt in der Thatsache, dass in den botanischen Gärten die Pflanzen nicht selten einander verdrängen. Diess ist um so eher der Fall, da man immer die nächst verwandten Formen, die in der Regel wegen sehr ähnlicher Existenzbedingungen am wenig-

sten sich vertragen, unmittelbar neben einander pflanzt[1]. Wenn man diesen Process mit Aufmerksamkeit verfolgt, so wird man sehen, wie in einem Satze einige Pflanzen einer andern Species oder Varietät, welche durch Samen oder durch Ausläufer dahin gelangt sind, aufgehen, wie sie sich vermehren und zuletzt die ursprüngliche Pflanze vollständig verdrängen. Sind die beiden Arten oder Varietäten einander sehr ähnlich, so kann man bei oberflächlicher Betrachtung leicht die Ansicht gewinnen, es habe die eine sich in die andere verwandelt. In unserm Garten kann ich z. B. Hieracium aurantiacum nicht neben H. pratense oder H. glomeratum kultiviren; die letzteren setzen sich immer auf dem Platze des erstern fest. Ebenso wird H. Pilosella Hoppeanum durch H. Pilosella vulgare verdrängt.

Die dritte Ursache der Täuschung und zugleich die gefährlichste, weil sie keine Controle erlaubt und daher nicht vermieden werden kann, beruht in der Kreuzung einer Form mit irgend einer andern. Wenn das Ergebniss des Kulturversuchs einen Schluss auf die Variabilität gestatten soll, so muss selbstverständlich vorausgesetzt werden, dass die zur Aussaat benutzten Samen durch Selbstbefruchtung oder Inzucht erzeugt wurden. Würde man Samen von A, die durch Kreuzung mit B entstanden sind, verwenden, so käme man über die Veränderlichkeit von A zu einem unrichtigen Resultat. In den botanischen Gärten und in der Wildniss mangelt die Gelegenheit zu hybrider Befruchtung mit verwandten Arten oder Varietäten fast niemals.

Besonders leicht aber entstehen Irrthümer, wenn es sich um das Verhalten eines Bastards handelt. Derselbe

---

1) Es wäre aus verschiedenen Gründen zu empfehlen, die Varietäten einer Art, sowie verwandte Arten nicht neben einander zu pflanzen, sondern wenigstens durch eine ganz verschiedene Art oder selbst durch eine verschiedene Gattung zu trennen.

wird eher durch den Blüthenstaub einer Stammart als durch den eigenen befruchtet. Die Samen, die von wildwachsenden oder kultivirten Hybriden gesammelt werden, geben desswegen nicht selten Formen, die zu einer der beiden elterlichen Arten zurückkehren. Daher rühren mehrere Angaben, welche gewisse Bastarde als Varietäten anderer Arten erklärten. Auch bei nahe verwandten reinen Formen ist grosse Vorsicht nöthig, weil es solche giebt, die sich durch andere Arten und Varietäten leichter bestäuben lassen als durch den eigenen Pollen (Mittheilung vom 18. Nov. 1865).

Fasse ich die Ergebnisse zusammen, welche aus den sichern und von der Kritik unanfechtbaren Kulturversuchen an Hieracien hervorgehen, so beschränken sie sich darauf, dass die Pflanzen in Folge reichlicherer Nahrung grösser und mastiger werden und dass in Folge dessen auch der Farbenton des Laubes sich etwas verändert, indem das Glauke intensiver und freudiger grün wird. Die Pflanze kann dadurch ein fremdartiges Aussehen erhalten; sie kann selbst in einzelnen Fällen fast unkenntlich werden. Aber die eigentliche Varietät bleibt beständig. Im Garten bilden sich überhaupt keine andern Formen, als wie sie auch in der freien Natur an humusreichen, nicht zu trockenen und zu sonnigen Orten gefunden werden. Weder die Behaarung noch die Verzweigungsform, noch die Gestalt der Blätter, Blüthenhüllen und Hüllschuppen, noch die Farbe der Blüthen erfährt im Garten eine wesentliche Veränderung[2]).

Die Ergebnisse der Kultur sind daher für die Beurtheilung des systematischen Werthes einer constanten Form,

2) Damit will ich nicht etwa behaupten, dass alle kultivirten Hieracien-Formen auch wildwachsend gefunden werden. Es ist möglich, dass einzelne derselben in den Gärten entstanden sind, allein es dürfte diess wohl immer die Folge von Kreuzungen gewesen sein.

für die Frage, ob sie eine Varietät oder Species sei, durchaus irrelevant und wir sind in dieser Beziehung lediglich auf die Verhältnisse des Vorkommens und auf die An- oder Abwesenheit der Zwischenformen, sowie auf die Natur dieser Zwischenformen angewiesen.

Dennoch ist die Kultur nicht etwa zu vernachlässigen. Sie sollte im Gegentheil viel häufiger, zugleich aber auch mit mehr Umsicht und Kritik angewendet werden, als es meistens geschieht. Wenn sie auch nichts anderes ergiebt, als was man meistens aus den Vorkommensverhältnissen schliessen kann, so dient sie doch als eine werthvolle Bestätigung dafür. Sie kann uns bei richtigem Verfahren immer zeigen, wie weit die unmittelbaren Einflüsse der Aussenwelt reichen, was an der Pflanze constant und variabel ist. Die Kulturversuche geben in dieser Beziehung oft überraschende Resultate. Als Beweis möge folgendes Beispiel dienen.

Ranunculus pyrenaeus Lin. hat meistens schmale Blätter und einen nackten einblüthigen Stengel. Man findet aber auch Exemplare mit breitern Blättern und mit beblättertem mehrblüthigem Stengel. Man hat die letztern als besondere Art (R. plantagineus All.) oder wenigstens als eigenthümliche Varietät (R. pyrenaeus plantagineus) betrachtet. Das Vorkommen zeigt, dass es nichts anderes als üppige, einem fruchtbaren und etwas feuchtern Boden entsprungene Pflanzen sind und die Kultur bestätigt diess. In der reichen Alpenpflanzensammlung des Herrn Bankadministrators Sendtner dahier befindet sich ein Stock, der vor zwei Jahren als die gewöhnliche Form von R. pyrenaeus in den Topf gepflanzt und nach dieser kurzen Zeit in den schönsten R. plantagineus sich umgewandelt hat. Wir dürfen also diese Form bloss als Standortsmodification betrachten; und es muss die Diagnose von

R. pyrenaeus so gefasst werden, dass auch diese Modification in ihr enthalten ist.

Das soeben erwähnte Beispiel, in Uebereinstimmung mit vielen andern, beweist uns ferner, dass zur Umwandlung der Standortsmerkmale nicht etwa die Fortpflanzung durch Samen erfordert wird, sondern dass sie sich an dem nämlichen Pflanzenstock vollzieht. Wenn es sich also bloss darum handelt, an einer Pflanzenform die constanten Eigenschaften von den Standortsmerkmalen zu unterscheiden, so genügt es, die Pflanze durch Versetzen der Stöcke unter andere äussere Verhältnisse zu bringen. Es hat dieses Verfahren selbst einen Vorzug vor der Aussaat von Samen. Von den letztern ist man nie sicher, ob sie durch Inzucht oder durch Kreuzung entstanden sind. Das Resultat, welches man mit Sämlingen erhält, ist daher mit Rücksicht auf die vorliegende Frage immer etwas zweifelhaft, während man beim Verpflanzen der Stöcke auf eine andere Localität sicher ist, dass die eintretenden Veränderungen als Wirkungen der äussern Agentien zu erklären sind [8]).

---

8) A. Kerner will verschiedene Pflanzenformen durch die veränderten äussern Einflüsse in einander übergeführt haben; nach diesen Versuchen müsste die unmittelbare Einwirkung der Bodenbeschaffenheit sehr bedeutend sein. Da diess mit so vielen sichern Thatsachen im Widerspruch steht, so wären weitere von verschiedenen Beobachtern angestellte Versuche äusserst erwünscht. Wenn Kerner angiebt, er habe die beiden Alpenrosen in einander übergeführt, so lässt sich diess schwer mit der Thatsache vereinigen, dass Rh. ferrugineum allein auf dem schweizerischen Jura und auf manchen Kalkbergen der Alpen vorkommt, wo es gewiss schon Jahrtausende lebt, ohne in die Kalkform übergegangen zu sein. Ebenso bleibt es im Münchner botanischen Garten auf Kalkunterlage immer unverändert.

Ich verdanke der freundlichen Zuvorkommenheit des Hrn. Prof. Kerner die Ansicht von einigen umgewandelten Pflanzen. Sehr

Die Verwandtschaft der Formen innerhalb einer Gattung zeigt eine unendliche Abstufung von der leichtesten Varietät bis zur abweichendsten Species. Doch können wir zur bessern Uebersicht folgende 5 Kategorieen unterscheiden:

1) Formen, die sich gegenseitig nicht befruchten können. Agamische Verwandtschaft.

2) Formen, die sich befruchten, aber bloss unbeständige Bastardformen geben. Bastardirungsverwandtschaft.

3) Gut umgrenzte Formen, zwischen denen constante, aber relativ seltenere Zwischenformen sich befinden: Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft.

4) Schlecht umgrenzte Formen mit zahlreichen und manigfaltigen constanten Zwischenformen. Grenzlose Verwandtschaft.

5) Formengewirre, in dem sich bestimmte Formen

---

bemerkenswerth ist Dianthus alpinus Lin. und Aster alpinus Lin. Von ersterer Pflanze wurde die eine Hälfte der Stöcke in kalkreiche Erde, die andere Hälfte in eine kalklose Unterlage (Lehm, feinzerhacktes Sphagnum und gepochter Thonglimmerschiefer) versetzt. Jene blieb unverändert, diese verwandelte sich während 3 Jahren in D. deltoides Lin. Die Schieferform des Aster alpinus, die sich durch grössere Kahlheit und dunklere Blüthenfarbe auszeichnet, wurde in den botanischen Garten zwischen Schieferfelsen gepflanzt und gieng nach zweijähriger Kultur in Aster Amellus Lin. über.

Auch diese Umwandlungen scheinen mir in einem schwer zu lösenden Widerspruch mit den Vorkommensverhältnissen zu stehen, so dass ich vermuthe, es sei noch irgend ein wichtiger Punkt, betreffend das Vorkommen, oder die Kultur unaufgeklärt. Wenn sich aber auch durch fernere Beobachtungen der Uebergang der Formen in dem erwähnten Umfange bestätigen sollte, so würde an den Gesetzen der Constanz im Allgemeinen doch nichts geändert. Es gäbe nach wie vor constante Varietäten und Arten; es müssten bloss einige Formen, denen man bisher die Constanz der Species zugeschrieben hat, als Standortsmodificationen betrachtet werden.

nicht deutlich herausheben und unterscheiden lassen. Formlose oder chaotische Verwandtschaft.

Was zuerst die agamische Verwandtschaft betrifft, so ist dieselbe, unter übrigens gleichen Verhältnissen, immer geringer als die Bastardirungsverwandtschaft, und sie muss als das Merkmal bester Artverschiedenheit betrachtet werden. Eine Species, die mit einer andern keine Bastarde zu erzeugen vermag, steht derselben stets ferner, als einer dritten, mit der sie sich hybrid befruchtet. Bei Gattungen mit vollkommen natürlichen Sectionen kann es der Fall sein, dass die Arten einer Section unter sich in Bastardirungsverwandtschaft stehen, während die Sectionen bloss agamisch mit einander verwandt sind. — Gentiana lutea, G. punctata, G. purpurea, G. pannonica bastardiren sich gegenseitig, nicht aber mit andern Species. Die Primula-Arten der Section Primulastrum (mit Klappen im Schlunde der Blumenkrone) bilden Bastarde unter sich, ebenso diejenigen der Section Auricula (ohne solche Klappen); aber die Species der einen Section gehen mit denen der andern weder auf natürlichem noch auf künstlichem Wege hybride Befruchtung ein. Es liesse sich noch eine grosse Menge von Beispielen anführen, wo die sich bastardirenden Arten einer Gattung auch in den systematischen Merkmalen eine nähere Verwandtschaft unter einander beurkunden als mit andern Arten, mit denen sie in keine geschlechtlichen Beziehungen zu treten vermögen. Wir können daher in zweifelhaften Fällen aus dem Vorhandensein der hybriden Befruchtung auf eine systematische Annäherung schliessen. Ich habe in dieser Beziehung schon in einer frühern Mittheilung bemerkt, dass die in verschiedene Sectionen gestellten, aber sich bastardirenden Saxifraga mutata und S. aizoides eine grössere Affinität zu einander haben als zu den Arten ihrer eigenen Sectionen.

Die Regel, dass sich bastardirende Arten näher ver-

wandt seien als agamische, gilt nur innerhalb der Gattung oder auch bei nahe stehenden Gattungen. Wir dürfen in dieser Beziehung nicht Pflanzen, die verschiedenen natürlichen Ordnungen angehören, mit einander vergleichen. Wenn Pyrus Malus Lin. und P. communis Lin., Nigella sativa Lin. und N. damascena Lin., Anagallis arvensis Lin. und A. coerulea Schreb., Primula elatior Jacq und P. officinalis Jacq. sich nicht mit einander befruchten lassen, so wäre der Schluss nicht erlaubt, dass sie systematisch einander ferner stehen als Triticum vulgare Vill. und Aegilops ovata Lin., Nigritella angustifolia Rich. und Gymnadenia conopsea R. Br., Cirsium arvense Scop. und C. oleraceum Scop., Dianthus Carthusianorum Lin. und D. superbus Lin., welche Bastarde bilden. Denn es ist wahrscheinlich, dass die Bastardirungsverwandtschaft in verschiedenen Regionen des Pflanzenreiches eine ungleiche Bedeutung hat, wofür sich mehrere Erklärungsgründe angeben liessen.

Unter den Arten einer Gattung, die sich nicht mit einander befruchten, stuft sich die Affinität selbstverständlich manigfaltig ab. Gewisse Stufen lassen sich durch das Vorhandensein oder den Mangel einer vermittelten Bastardirungsverwandtschaft bestimmen. A, B, C, D, E seine 5 Species eines Genus, welche folgende drei Bastardverbindungen (A+B), (B+C) und (C+D), sonst aber keine eingehen. Zwischen A und C, B und D, A und D besteht eine vermittelte, nicht aber eine direkte Bastardirungsaffinität. A und C sind durch B, mit dem sie beide sich befruchten, B und D sind durch C, A und D bloss durch Vermittelung zweier Arten, nämlich durch B und C. verwandt. Beschränken wir uns auf die Affinitätsgrade von A, so steht dasselbe am nächsten der Art B, etwas ferner der Art C, noch ferner der Art D und am fernsten der Art E.

Analoge Beispiele geben uns die Gattungen Dianthus, Cirsium, Salix.

Die Arten, welche sich gegenseitig bastardiren, haben ebenfalls eine sehr ungleiche Verwandtschaft zu einander. Bei künstlichen Versuchen lässt sich die Abstufung derselben durch das Verhalten der hybriden Produkte sehr genau feststellen. Bei wildwachsenden Pflanzen können wir im Allgemeinen drei Stufen unterscheiden, welche durch die grössere oder geringere Unfruchtbarkeit der ursprünglichen Bastarde bedingt werden. Sie geben sich in den drei Arten des Vorkommens zu erkennen, welche ich in meiner Mittheilung vom 16. Febr. (Ueber die Zwischenformen im Pflanzenreiche §. 6, A, B und C) unterschieden habe.

Die geringste Verwandtschaft besteht dann, wenn zwischen zwei Arten nur die ursprüngliche (die Mitte haltende) Bastardform vorkommt. Ein mittlerer Verwandtschaftsgrad dagegen ist vorhanden, wenn ausser dem ursprünglichen Bastard noch Formen sich finden, welche einer oder beiden Stammarten sich nähern und wenn diese zurückkehrenden Formen in geringerer Individuenzahl auftreten als die ursprüngliche hybride Form. Die grösste Verwandtschaft endlich ergiebt sich in dem Falle, dass die den Stammarten sich nähernden Formen den ursprünglichen Bastard an Individuenzahl übertreffen. — Berücksichtigen wir die Gesammtzahl der hybriden Pflanzen zwischen zwei Arten, so ist sie im ersten Fall am geringsten (meist äusserst spärlich), im zweiten bedeutender (aber immer noch ziemlich gering), im dritten weitaus am grössten. — Cirsium (lanceolatum + palustre) und C. (acaule + lanceolatum) sind Beispiele für den ersten, C. (arvense + oleraceum) und C. (heterophyllum + spinosissimum) für den zweiten, C. (bulbosum + oleraceum), C. (oleraceum + rivulare) und C. (acaule + oleraceum) für den dritten Fall.

Die Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft ist dann gegeben, wenn zwischen zwei gut umgrenzten Hauptformen constante Zwischenformen sich befinden; man könnte die letztern im Nothfall von hybrider Befruchtung ableiten und als constant gewordene, mit voller Fruchtbarkeit begabte Bastarde betrachten. Desswegen ist der Name Blendlingsverwandtschaft nicht unpassend, obgleich ich die eben angegebene Entstehungsweise für durchaus unwahrscheinlich halte. Diese Zwischenformen bleiben sowohl, wenn sie allein sind, als auch, was gewöhnlich der Fall ist, wenn sie in Gemeinschaft mit einer oder mit beiden Hauptformen leben, durch eine unbegrenzte Generationenreihe unverändert. Dadurch unterscheiden sie sich von den Hybriden, welche mit der Zeit aussterben, oder in Folge der Kreuzung mit den Stammarten zu diesen zurückkehren. Auch sind jene constanten Zwischenformen in viel grösserer Individuenzahl vorhanden als die Hybriden.

Die Uebergangsverwandtschaft ist unter übrigens ähnlichen Verhältnissen immer grösser als die Bastardirungsverwandtschaft. Denn die grössere Fruchtbarkeit und das zahlreichere Vorkommen der intermediären Formen sind die Folge der innigern Affinität. Unter den Cirsien-Bastarden hat derjenige von C. bulbosum und C. acaule (nämlich C. medium) am ehesten Anspruch darauf, als constante Form erklärt zu werden, und wir müssen den beiden genannten Arten auch die grösste Verwandtschaft vindiziren. Namentlich ist dieselbe grösser als die Beziehung von C. acaule zu C. oleraceum, und von C. bulbosum zu C. oleraceum, obgleich diese Vereinigungen den höchsten Bastardirungsverwandtschaftsgrad darstellen.

Es ist nicht zu verkennen, dass es auch unter der Uebergangsverwandtschaft wieder verschiedene Abstufungen giebt; ich habe drei Arten des Vorkommens unterschieden (Mittheilung vom 16. Febr. §. 7, A, B, C). Nun bin ich

zwar nicht gewiss, ob dieselben auch drei Verwandtschaftsgraden entsprechen; aber sicher kann man zwei Grade unterscheiden. Zwei Arten, die durch eine ununterbrochene Reihe von constanten Zwischenformen verbunden sind, stehen einander näher als zwei andere, zwischen denen nur eine oder zwei isolirte constante Zwischenformen, gleichsam wie Inseln zwischen zwei Continenten, auftreten. Im letztern Falle hat man wegen der Bastarde, welche die Zwischenformen und die Hauptarten verbinden, zwar ebenfalls eine ununterbrochene Uebergangsreihe. Aber die Glieder derselben sind durch eine sehr ungleiche Individuenzahl repräsentirt, während die Glieder in der continuirlichen Reihe der constanten Zwischenformen alle gleichwerthig und ziemlich gleich zahlreich sind.

Wir werden also überhaupt zwei Arten einer Gattung für um so näher verwandt erklären, je mehr die constanten Zwischenformen sich zu einer allmählichen und vollständigen Uebergangsreihe schliessen, für um so weniger verwandt, je mehr diese Reihe unterbrochen und lückenhaft ist. Desswegen schätze ich die Verwandtschaft von Hieracium Pilosella zu H. glaciale für grösser als diejenige von H. Pilosella zu den Arten H. Auricula, H. praealtum, H. pratense und H. aurantiacum. Desswegen halte ich ferner dafür, dass Hieracium murorum von H. glaucum weiter entfernt sei als von Hieracium villosum und von H. alpinum.

Die grenzlose Verwandtschaft stimmt mit der Uebergangsverwandtschaft darin überein, dass bei beiden die Hauptformen durch constante Zwischenformen verknüpft sind, welche bald continuirliche, bald unterbrochene Reihen darstellen. Der Unterschied besteht darin, dass bei der Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft die Hauptformen überall da, wo sie ohne die Zwischenformen vorkommen, scharf begrenzt sind und sich annähernd innerhalb der

gleichen Grenzen bewegen. Bei der grenzlosen Verwandtschaft dagegen haben die Hauptformen auf verschiedenen Standorten und in verschiedenen Gegenden eine ungleiche Umgrenzung; ihr Formenkreis ist daher unbestimmt.

Neben diesem Hauptunterschied scheinen noch andere, wenn auch in weniger auffallender Weise, vorzukommen. Bei der Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft ist die Gesammtindividuenzahl der Zwischenformen entschieden viel geringer als die der Hauptformen, und die Verbreitung der Zwischenformen ist an diejenige der beiden Hauptformen gebunden, wesswegen man jene allenfalls aus diesen durch hybride Befruchtung ableiten könnte. Bei der grenzlosen Verwandtschaft dagegen übertreffen die Zwischenformen oft die Hauptformen an Menge der Individuen und halten sich auch nicht an deren Verbreitungsbezirke. Die Ermittelung beider Verhältnisse giebt hier indess keine sichern und festen Resultate, weil die Hauptformen unbestimmt umschrieben sind. Je nachdem man sie so oder anders fasst, verändern sich auch die Ergebnisse betreffend die Mengen und Verbreitungsverhältnisse.

Unter den Hieracien stehen H. Pilosella, H. Hoppeanum Schult., H. Peleterianum Merat. und andere Formen in grenzloser Verwandtschaft zu einander. Ebenso H. glaciale Lach. und H. breviscapum Koch (non DC.), ferner H. praealtum Vill. und H. florentinum All., ferner H. amplexicaule Lin. und H. pulmonarioides Vill., ferner H. glaucum All. und H. bupleuroides Gmel., ferner H. murorum Lin. und H. vulgatum Fr. u. s. w.

Während bei der Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft die Formen gut und deutlich begrenzt bei der grenzlosen Verwandtschaft schlecht und undeutlich begrenzt sind, so erkennt man bei der formlosen oder chaotischen Verwandtschaft eigentlich gar keine bestimmten Formen mehr. Wir können uns dieses dreifache Verhalten durch

[redacted]

folgendes Bild anschaulich machen. Im ersten Falle stellen die Formen Continente oder grössere Inseln dar, welche durch Landengen oder durch Reihen von kleinern Inseln verbunden sind. Im zweiten Falle sind es Berge, die sich aus dem festen Lande erheben und am Fusse allmählich in die Ebene oder in andere Bergrücken auslaufen, also keine bestimmte Begrenzung haben. Im dritten Falle stellt das Formengewirre eine Ebene ohne Erhebungen oder bloss mit niedrigen kaum erkennbaren Erhebungen dar, je nachdem die Individuen unter sich alle sehr ähnlich sind oder erheblich von einander abweichen.

Beispiele für die formlose oder chaotische Verwandtschaft geben uns alle Species oder Varietäten, innerhalb derer sich keine deutlichen Varietäten unterscheiden lassen. Wir werden jedenfalls die Verwandtschaft ihrer Individuen für näher und inniger erklären als die der vorhergehenden Grade. Desswegen dürfen wir aber nicht etwa glauben, dass die Constanz ganz mangle. Allerdings ist eine räumliche Constanz nicht vorhanden, indem alle Merkmale von einem Individuum zum andern variiren; aber eine gewisse zeitliche Constanz ist gleichwohl möglich, das heisst eine nothwendige Vererbung gewisser Eigenschaften durch eine kleinere oder grössere Zahl von Generationen, insofern nicht Kreuzung dazwischen tritt.

Ueber die Verwandtschaftsgrade sind noch zwei Bemerkungen von allgemeiner Wichtigkeit beizufügen, 1) dass sie nicht scharf geschieden sind, sondern allmählich in einander übergehen, und 2) dass die nämlichen zwei Pflanzenformen hier in dem einen und dort in einem andern Verwandtschaftsgrad auftreten. Was das Erstere betrifft, so bleiben wir oft im Zweifel, ob wir zwei Pflanzenformen dem einen oder andern Verwandtschaftsgrad zuschreiben sollen. Cirsium medium All. und C. Heerianum Näg. sind fast mit dem gleichen Recht als constante Zwischenformen (oder

Blendlinge) und als Bastarde zu betrachten. Die Beziehung von Hieracium murorum Lin. und H. vulgatum Fr. darf fast ebenso wohl als Uebergangs- und als grenzlose Verwandtschaft bezeichnet werden.

Was den zweiten Punkt betrifft, so kann derselbe als fast ausnahmslose Regel gelten. Die Arten, welche sich bastardiren können, treten immer auf gewissen Standorten und selbst in ganzen Gegenden ohne Bastarde auf. Die Hauptarten, welche durch constante Zwischenformen verbunden sind, entbehren derselben gleichfalls stellenweise. Mit Hieracium Pilosella und H. Auricula kommt ziemlich selten die constante Mittelform vor, ebenfalls selten der Bastard; häufiger findet man, wenigstens in Süddeutschland und der Schweiz, die beiden Arten ohne alle intermediären Formen. Die Formen, welchen im Allgemeinen eine unbestimmte Begrenzung zugeschrieben werden muss, treten stellenweise ziemlich gut umgrenzt auf, wobei die verbindenden Zwischenformen bald den Charakter der Constanz, bald auch den der Hybridität zeigen können. So verhält es sich mit Hieracium Pilosella, H. Hoppeanum und H. Peleterianum.

Bei der Beurtheilung des Verwandtschaftsgrades müssen die Vorkommensverhältnisse genau ins Auge gefasst werden, indem von denselben sehr häufig die Bedeutung der Anwesenheit oder des Mangels von Zwischenformen abhängt. Zwei Formen A und B können drei verschiedene Arten des Vorkommens zeigen:

1) A und B wachsen auf dem nämlichen Standort neben und durch einander. Synöcisches Vorkommen.

2) Die Wohnorte von A und B stossen unmittelbar aneinander; wo A aufhört, da fängt B an. Prosöcisches Vorkommen.

3) Die Wohnorte von A und B berühren sich nicht;

sie sind mehr oder weniger entfernt von einander. Telöcisches Vorkommen.

Die Ursachen dieser verschiedenen Vorkommensarten sind nicht in den Verwandtschaftsgraden zu suchen. Denn ob zwei Pflanzen synöcisch oder prosöcisch wohnen, hängt davon ab, ob sie im Kampfe um das Dasein einander zu verdrängen vermögen oder nicht (vgl. die Mittheilung über die Bedingungen des Vorkommens vom 15. Dec. 1865); und das telöcische Vorkommen ist Folge davon, dass eine Form in einer Gegend ganz ausgegangen oder nie dahin gelangt ist.

Das synöcische Vorkommen beweist uns immer, dass die sich duldenden Pflanzenformen entweder ungleiche Existenzbedingungen haben, oder dass sie den vorhandenen Verhältnissen gleich gut angepasst sind. Im Allgemeinen können wir wohl sagen, dass zwei Pflanzenarten um so eher synöcisch auftreten, je weiter sie verwandtschaftlich von einander entfernt sind. Arten verschiedener Gattungen oder verschiedener Sectionen der gleichen Gattung schliessen sich schwerlich aus. Es ist mir kein Beispiel bekannt, wo eine Art der Piloselloiden eine solche von Archieracium aus der synöcischen Gemeinschaft verdrängte. Auch nahe verwandte Arten und Varietäten derselben Species wohnen nicht selten auf dem gleichen Standorte beisammen.

Das synöcische Vorkommen ist für die Beurtheilung der verwandtschaftlichen Verhältnisse am vortheilhaftesten, denn es zwingt so zu sagen die in Frage stehenden Formen mit ihrer Farbe herauszurücken. Wenn zwischen zwei Arten constante oder hybride Zwischenformen existiren, so werden wir sie sicher am ehesten da finden, wo beide durch einander auf der gleichen Localität wachsen.

Das prosöcische Vorkommen[4]) ist die Folge davon,

---

4) Es handelt sich hier selbstverständlich bloss von constanten Formen. Die Standortsmodificationen sind alle in gewissem Sinne

dass eine Pflanzenform unter gewissen Verhältnissen die andere zu verdrängen vermag, während sie selber unter etwas veränderten Umständen von jener verdrängt wird. Die Wohnplätze der beiden Pflanzen grenzen daher unmittelbar an einander; und an der Grenze selbst beobachten wir eine ganz schmale Zone, oft nur von wenigen Schritten Breite, wo die beiden Formen gemengt stehen. Bald sind es die chemischen, bald die physikalischen Eigenschaften des Bodens, welche diese Erscheinungen bedingen. Bei den Hieracien ist es vorzugsweise der Wechsel von kalkhaltiger und kalkarmer Unterlage, welcher das prosöcische Vorkommen bedingt. H. villosum, H. piliferum und H. glaucum hören mit dem Kalk auf, indess unmittelbar daselbst H. alpinum, H. glanduliferum und H.. albidum mit dem Schiefer beginnen. Dagegen vermag H. Pilosella Hoppeanum die verwandte Form H. Pilosella vulgare von fruchtbaren, mit hohem Rasen bewachsenen Standorten zu verdrängen, während letzteres auf mehr trockenen und magern Stellen das stärkere ist. Daher bilden die fetten Alpenwaiden zuweilen gleichsam Inseln, die mit H. Pilosella Hoppeanum bewachsen und ringsum von H. Pilosella vulgare umgeben sind.

Das prosöcische Vorkommen ist für das Vorhandensein der Bastard- und Zwischenformen immer sehr ungünstig. Während die intermediären Formen von Hieracium Pilosella Hoppeanum und H. Pilosella vulgare bei synöcischem Vorkommen häufig sind, finden wir sie bei prosöcischer

---

prosöcisch, indem mit dem Wechsel der Localität auch die Pflanzenform sich ändert. Die Standortsvarietäten zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie den äussern Verhältnissen genau folgen und die nämlichen Abstufungen zeigen wie sie, was bei dem prosöcischen Vorkommen der constanten Formen nicht der Fall ist.

Verbreitung bloss spärlich auf der schmalen Grenze, oder sie mangeln auch wohl gänzlich. Zwei Formen, welche nur prosöcisch auftreten, gewähren daher fast immer den Anschein, als ob sie einem entfernteren Verwandtschaftsgrad angehörten, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Wenn H. murorum mit den meisten andern Arten von Archieracium durch Zwischenformen verbunden ist, so mag seine allgemeine Verbreitung auf allen Bodenarten und sein synöcisches Vorkommen mit allen andern Arten wesentlich dabei betheiligt sein. Wenn H. villosum und H. glaucum mit H. alpinum und H. albidum nicht einmal Bastarde bilden, so viel mir wenigstens bekannt ist, so setze ich diess hauptsächlich auf Rechnung des prosöcischen Vorkommens.

Noch viel ungünstiger für die Beurtheilung der Verwandtschaftsverhältnisse ist das telöcische Vorkommen, indem hier die intermediären Formen meist gänzlich mangeln. Daher werden telöcische Varietäten von nächster Verwandtschaft oft als Arten unterschieden, wie z. B. die den Centralalpen angehörenden Papaver aurantiacum Lois. und Anemone sulfurea Lin. von Papaver alpinum Lin. (albiflorum) und Anemone alpina Lin. (alba), welche letztere in den nördlichen Alpen wachsen.

Bei den Hieracien ist es nicht selten, dass die Verbreitungsbezirke geschieden sind, und dass somit ein synöcisches oder prosöcisches Vorkommen ausgeschlossen ist. Es fehlen dann auch die intermediären Formen, so zwischen den Bewohnern der Alpen und der Ebene, des mittlern und des nördlichen Europas, der Alpen und der Pyrenäen. Wie schon früher bemerkt wurde, sind die alpinen Formen z. B. H. aurantiacum und H. glaciale weder durch constante noch durch hybride Mittelformen mit H. echoides, H. praealtum, H. cymosum etc. verbunden, was sicher bloss ihrem telöcischen Vorkommen zuzuschreiben ist.

Kehren wir nun zu der Frage zurück, welche Formen als Species getrennt und welche als Varietäten vereinigt werden müssen. Darüber soll die Constanz entscheiden, aber nicht etwa so, dass wir, wie es irrthümlicher Weise so häufig geschehen ist, die constanten Formen als Species, die nicht constanten als Varietäten in Anspruch nehmen. Denn die künstlichen Kulturversuche und besonders die Kulturresultate, welche wir auf den Standorten beobachten können, zeigen uns, dass auch geringe varietätliche Abänderungen eine grosse Constanz haben, und dass die Zeiträume, welche unserer Kritik zu Gebote stehen, lange nicht ausreichen, um die Grenzen für die Constanz der Varietäten und Arten zu bestimmen. Wollten wir die Formen, welche unter verschiedenen äussern Verhältnissen durch eine Reihe von 10 oder 20 Generationen beständig bleiben, als Species begrüssen, so müssten wir in der Gattung Hieracium, wie ich bereits bemerkt habe, die Jordan'schen Arten adoptiren, d. h. wir müssten die Varietäten mancher Autoren in ein halbes oder ein ganzes Dutzend Arten spalten; wir müssten Formen, die man bloss an einem etwas verschiedenen Habitus erkennt, aber nicht mehr durch bestimmte Merkmale charakterisiren kann, spezifisch trennen. Wenn [redacted]

umgrenzen, müssen wir dann die Gruppen von H. boreale und H. vulgatum umgrenzen.

Die Verschiedenheit von Art und Varietät kann also nicht als Gegensatz von Constanz und Variabilität schlechthin aufgefasst werden. Einen solchen Gegensatz giebt es überhaupt streng genommen nicht. Die Constanz ist ein relativer Begiff; es giebt eine allmähliche Abstufung von derjenigen, welche bloss bis auf den Enkel reicht, bis zu derjenigen, welche Millionen von Jahren andauert. Wir werden zwar immer von constanten und variabeln Merkmalen sprechen; aber diese Begriffe haben als relative eine verschiedene Bedeutung je nach ihrer Anwendung. Es giebt constante und variable Eigenschaften der Klasse, der Ordnung, der Gattung, der Art und der Varietät. Ein variabler Charakter der Ordnung kann für die Gattungen vollkommen constant sein; ein variables Merkmal der Art kann in den Varietäten eine grosse Beständigkeit zeigen. So sind die Breite und Stumpfheit der Involucralschuppen, die Länge und Stärke der Ausläufer bei Hieracium Pilosella unbeständig; aber bei H. Pilosella Hoppeanum und H. Pilosella vulgare bleiben sie durch Zeiträume, welche weit über die historische Zeit hinausgehen, unverändert.

Der Begriff der Species muss also in einem bestimmten Grad der Constanz liegen. Die verschiedenen Grade derselben können wir aber auf keinem andern Wege als durch die Verwandtschaftsgrade, wie ich sie oben erörtert habe, feststellen. Es ist nun die Frage, welches Maass der Verwandtschaft theoretisch und praktisch sich am besten für die Begriffsbestimmung der Species eigne, welches am besten die natürlichen Verhältnisse und die Anforderungen der Wissenschaft befriedige. Man hat schon verschiedene Verwandtschaftsgrade als die Grenzen für spezifische Unterscheidung in Anwendung bringen wollen. Die wichtigsten sind folgende:

1) Formen, deren Bastarde befruchtungsfähigen Pollen hervorbringen, gehören der nämlichen Art an.

2) Formen, deren Bastarde keimfähige Samen erzeugen, sind nicht spezifisch verschieden.

3) Formen, deren Bastarde eine vollkommene Fruchtbarkeit besitzen oder nach mehreren Generationen erreichen, so dass sie für die Dauer unserer Versuche vollkommen constant werden, sind als Varietäten derselben Species zu betrachten.

4) Formen, die in der Natur durch beständige (nicht hybride) Uebergangsformen verbunden sind, gehören als Varietäten zur gleichen Art.

5) Formen, die während einer Kultur von mehreren oder vielen Jahren sich unbeständig erweisen, und in einander übergehen, gehören zur gleichen Art, während constant bleibende spezifisch zu trennen sind.

Dass die beiden ersten Regeln für die Bestimmung der Species unbrauchbar sind, ist schon wiederholt ausgesprochen worden. Sie würden uns nöthigen, den Mandelbaum und den Pfirsichbaum, Aegilops ovata und Triticum vulgare spezifisch zu vereinigen und die Arten mancher Gattungen (Cirsium, Dianthus) oder Gattungssectionen in eine einzige zusammen zu ziehen.

Während uns die zwei ersten Regeln allzu umfangreiche Arten geben, verursacht die Durchführung der letzten Regel eine unheilvolle, nicht endigende Zersplitterung. Unter den Hieracien müssten z. B., wie oben erwähnt wurde, die Varietäten mit röhrigen Blüthen zu Arten erhoben werden, und unter den Kulturpflanzen wären die Racen, denen man durch künstliche Zuchtwahl nach 10 bis 20 Generationen einige Constanz verliehen hat, von denjenigen Pflanzen spezifisch zu trennen, aus denen sie vor nicht langer Zeit entstanden sind.

Zwischen diesen Extremen halten die dritte und vierte

Regel gewissermassen die Mitte. Eigentlich sind sie eine und dieselbe; sie unterscheiden sich nur dadurch von einander, dass die eine ihr Criterium in Kulturversuchen, die andere in Beobachtungen in der freien Natur findet. Ein mit vollkommener Fruchtbarkeit und unveränderter Beschaffenheit sich fortpflanzender Bastard wäre im Grunde nichts anderes als eine constante Zwischenform; und von manchen der Zwischenformen bleibt es, wie ich früher gezeigt habe, zweifelhaft, ob sie durch hybride Befruchtung oder auf anderem Wege (durch Transmutation) entstanden sind (Mittheilung vom 16. Febr.).

Wollten wir diese Regel für die Bestimmung der Species anwenden, wollten wir also Formen, die in Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft zu einander stehen, spezifisch vereinigen, so würde aus allen Piloselloiden eine einzige grosse Art werden, und alle oder jedenfalls die meisten einheimischen Arten von Archieracium namentlich z. B. H. alpinum, H. villosum, H. glanduliferum, H. murorum, H. prenanthoides, H. albidum müssten in eine einzige noch umfangreichere Species zusammen geschmiedet werden. Kein Botaniker dürfte an dergleichen denken.

Wir können daher, wenigstens für die Gattung Hieracium, die Species nicht so bestimmen, dass sie alle die Formen umfasse, welche durch constante (nicht hybride) Uebergangsformen verbunden sind. Wir müssen zu ihrer Umgrenzung auf den nächstfolgenden Verwandtschaftsgrad zurückgehen, und sie folgender Maassen definiren:

Zur nämlichen Art gehören alle Formen, die bloss unbestimmt umschrieben sind und sich nicht deutlich von einander abgrenzen. Spezifische Geltung kommt dagegen denjenigen constanten Formen zu, welche, wenn auch stellenweise durch beständige (nicht hybride) Uebergänge zusammenhängend, doch im Allgemeinen scharf begrenzt sind. Formen, die in

grenzloser Affinität zu einander stehen, müssen somit specifisch vereinigt, Formen, zwischen denen Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft herrscht, spezifisch getrennt werden.

Fasse ich den Speciesbegriff in der soeben formulirten Weise, so muss ich Hieracium Pilosella, H. Hoppeanum Schult., H. Peleterianum Merat., H. velutinum Hegetschw., H. Pseudopilosella Ten. in eine Art vereinigen, ebenso H. florentinum All. mit H. praealtum Vill., ferner H. bupleuroides Gmel. mit H. glaucum All., ferner H. vulgatum Fries mit H. murorum Lin. Dagegen liessen sich andere Verschmelzungen, wie sie auch schon vorgeschlagen wurden, nicht mit der Definition in Uebereinstimmung bringen; man könnte nicht Hieracium pratense mit H. praealtum, H. cymosum mit H. praealtum, H. villosum mit H. alpinum, H. pallidum (H. Schmidtii) mit H. murorum spezifisch verbinden.

Die Anwendung dieses Speciesbegriffes ist nur für die synöcischen und prosöcischen Formen in allen Fällen möglich, denn bei ihnen muss sich das Vorhandensein oder der Mangel einer bestimmten Begrenzung sicher zeigen. Telöcische Formen haben in der Regel die Neigung zu schärferer Abgrenzung; für sie muss dessnahen die Analogie entscheiden. Das campestre Hieracium pratense, das alpine H. aurantiacum und das nordische H. Blyttianum sind telöcische Formen; aus dem Mangel an Zwischenformen und aus der deutlichen Begrenzung lässt sich desswegen noch kein unanfechtbarer Schluss auf spezifische Verschiedenheit ziehen. Noch weniger sind die gleichen Gründe bei Papaver alpinum albiflorum der nördlichen Alpen und P. a. flaviflorum (P. aurantiacum) der Centralalpen, sowie bei so vielen andern telöcischen und desswegen gut geschiedenen Varietäten, zur Begründung besonderer Arten entscheidend.

Die Anwendung des vorgeschlagenen Speciesbegriffes gewährt zwei Vortheile. Sie giebt einmal gut umschriebene,

natürliche Arten, welche durch die Beobachtung geprüft und festgestellt werden können. Sie giebt ferner Arten, welche mit den Linneischen und denen der strengern systematischen Schule übereinstimmen, welche somit am meisten dem historisch Gegebenen sich anschliessen.

Die vorgeschlagene Definition wird aber nicht bloss durch die genannten Vortheile empfohlen; sie wird geradezu aufgezwungen, weil es eine andere, die zu enger umgrenzten Arten führte, überhaupt nicht giebt. Ich habe bereits gezeigt, dass das Unterscheiden der Species nach der sogenannten Beständigkeit auf Unklarheit und Mangel an Kritik beruht. Wenn man aber H. Hoppeanum Schult. von H. Pilosella oder H. florentinum All. von H. praealtum auf irgend eine der gebräuchlichen Artdefinitionen hin spezifisch trennen wollte, so würde man sich bloss das Zeugniss ausstellen, dass man die genannten Formen nicht hinreichend kennt. Man verlässt sich jedoch weit mehr auf den subjektiven Takt als auf die strenge Anwendung eines Begriffes, und rechtfertigt die Trennungen und Vereinigungen mit dem Bewusstsein künstlerischer Begabung. Aber die Botanik soll nicht eine Kunst, sondern eine Wissenschaft sein, und auch von diesem Gesichtspunkte aus ist es unerlässlich, die allein übrigbleibende Definition anzunehmen und deren Anwendung zu versuchen.

Die soeben besprochenen Principien für die Unterscheidung der Arten gelten nur für die Hauptformen, d. h. für diejenigen, die nicht als Zwischenformen anderer in dem früher definirten Sinne angesehen werden können. Was die Zwischenformen betrifft, so habe ich bereits dargelegt, in welcher Weise dieselben nach meiner Ansicht zu behandeln sind, dass sie nämlich nicht als coordinirte Grössen in fortlaufender Nummer mit den Hauptarten aufgezählt, sondern als Zwischenarten mit besonderer Bezifferung eingereiht werden sollen. Es sind aber noch die beiden eingangs ge-

stellten Fragen zu entscheiden, ob die Zwischenformen zwischen zwei Hauptarten immer nur als eine einzige Zwischenart oder zuweilen auch als mehrere aufzuführen seien, ferner ob sie immer getrennt bleiben, oder zuweilen mit andern Zwischenarten vereinigt werden sollen.

Es giebt mehrere Fälle, wo die Zwischenformen zwischen zwei Hauptarten jetzt als zwei oder drei und mehr besondere Arten aufgezählt werden. Dafür besteht eine doppelte Veranlassung. Zwischen zwei sehr unähnlichen Arten A und B kann es zwei ziemlich verschiedene Formen geben, von denen die eine sich A, die andere sich B nähert, oder auch drei, nämlich eine Mittelform und zwei seitliche, zu A und B hinneigende. Ferner kann es zwischen zwei Arten A und B, von denen die eine in zwei Varietäten als As und At vorkommt, zwei ungleiche Mittelformen geben, eine, die zwischen As und B, und eine zweite, die zwischen At und B sich bewegt. Nach meiner Ansicht sollen im einen und im andern Fall die Zwischenformen in eine einzige Zwischenart vereinigt, innerhalb derselben aber als Varietäten unterschieden werden.

Anderseits wurden in mehreren Fällen sehr ähnliche Zwischenarten vereinigt. A und B seien zwei nah verwandte Species; zwischen denselben und der Art C bestehen Mittelformen, die ich der Kürze halber AC und BC nennen will. Da schon A und B einander ähnlich sind, so müssen es AC und BC noch viel mehr sein, und man begreift, dass sie spezifisch vereinigt worden sind. Allein eine solche Vereinigung scheint mir naturwidrig, und daher zu vermeiden, solange eine Trennung überhaupt möglich ist.

Nachdem ich die systematische Behandlung der Species weitläufiger erörtert habe, kann ich über diejenige der Varietäten kurz hinweggehen. Wie die Formen, welche die Gattung zusammensetzen, sich in Haupt- und Zwischenarten gliedern, so können wir auch die Formen, die als die

[redacted]

nächsten Unterabtheilungen der Species erscheinen und in grenzloser Verwandtschaft sich befinden, in zwei Kategorieen bringen. Die einen sind als selbständig nnd originell zu betrachten; sie können nicht als Zwischenformen anderer aufgefasst, nicht etwa aus hybrider Befruchtung abgeleitet werden. Dieselben müssen als Hauptvarietäten, die andern als Zwischenvarietäten aufgezählt werden. Dabei ist wohl selbstverständlich, dass wir als Varietät nicht jede Abweichung, sondern nur eine durch hinreichende Merkmale charakterisirte und vollkommen constante Form betrachten dürfen.

Ich habe die Verhältnisse der Constanz und der Verwandtschaft nach den durch den Versuch und die Beobachtung gewonnenen Thatsachen dargestellt und daraus den Begriff für die Species und die Varietät abgeleitet. Die Constanz und die Verwandtschaft zeigt eine unendliche Abstufung. Dem entsprechend treffen wir hie und da auf einen Fall, wo man mit gleichem Rechte eine Form noch als Varietät oder schon als Species ansehen kann.

Dieses Ergebniss entscheidet auch über die allgemeine theoretische Frage, ob die Arten absolut oder relativ verschieden, ob sie vollkommen unveränderlich oder in langen Zeitabschnitten einer Umwandlung fähig, ob sie als solche erschaffen oder durch Transmutation entstanden seien. Es giebt vielleicht keine Pflanzengattung, deren Studium in dieser Beziehung so instruktiv ist, als Hieracium. Desswegen erlaube ich mir noch einige Andeutungen, wie das Formengewirre in diesem Genus durch die Transmutation erklärt werden kann.

Von dem Process der Transmutation müssen wir uns folgende Vorstellung machen. Eine Pflanzenform fängt an zu variiren. Es bilden sich Abänderungen nach verschiedenen, z. B. nach drei Richtungen hin. Die Pflanzen, welche sich am weitesten von der ursprünglichen Form entfernt

haben, sind mit derselben und unter sich durch alle möglichen Zwischengebilde verbunden. Alle stellen zusammen eine chaotische und ungegliederte Masse, eine Form mit erweiterten Grenzen dar. Dieser Process der Variation und Divergenz oder der Grenzerweiterung kann ohne Ende fortdauern, wobei er aber bald lebhafter, bald träger von statten geht, oder er kann periodisch auf längere oder kürzere Zeit zu scheinbarer Ruhe kommen.

Sobald die Grenzerweiterung und mit ihr die Divergenz eine gewisse Höhe erreicht hat, und die Organisations- und Functionsverhältnisse der abweichendsten Formen bis auf einen gewissen Grad der Verschiedenheit sich ausgebildet haben, so beginnt der Kampf um die Existenz, wobei die eine Form unter den einen, die andere unter andern äussern Verhältnissen als die besser angepasste und somit als die stärkere erscheint. Dabei ist begreiflich, dass die extremen Formen sichere Aussicht haben, da oder dort die besten Anpassungen zu sein, dass dagegen die Mittelformen früher oder später vollständig verdrängt werden. Ich habe angenommen, dass die Abänderungen der ursprünglichen Form nach drei Richtungen erfolgten. In diesem Falle giebt es jedenfalls drei extreme überlebende Formen. Die ursprüngliche Form kann entweder in der Mitte liegen, dann wird sie als Zwischenform verdrängt; oder sie bildet zu den drei extremen Formen ein viertes Extrem und bleibt dann wie sie erhalten. Wenn die Extreme wenig verschieden sind, so werden die Zwischenglieder gleichzeitig unterdrückt. Liegen sie aber weit auseinander, so kann eine Mittelform oder es können zwei oder drei Zwischenformen meist mit ziemlich gleichen Abständen noch längere Zeit erhalten bleiben.

Sowie in dem frühern Formenchaos das Verdrängen einzelner Glieder und ganzer Gruppen beginnt, so treten die überlebenden Gruppen deutlicher hervor. Ihre Gestaltung ist anfänglich unbestimmt und verschwommen; mit der fort-

schreitenden Verdrängung der intermediären und abweichenden Gebilde werden sie nach und nach schärfer umgrenzt. Die chaotische Verwandtschaft geht in die grenzlose, diese in die Uebergangsverwandtschaft über. Zuletzt werden auch die noch übrig gebliebenen constanten Zwischenformen verdrängt; es bleiben nur die extremen oder Hauptformen übrig, welche aber wegen ihrer nahen Abstammungsverwandtschaft noch Bastarde zu bilden vermögen. Dieses Vermögen geht mit der Zeit, sowie die Formen noch mehr divergiren und durch eine lange Vererbung grössere Constanz gewonnen haben, ebenfalls verloren. Die Uebergangsverwandtschaft der Arten hat sich zur Bastardirungsverwandtschaft, diese zur bastardlosen Verwandtschaft erweitert.

Die ursprünglich eng umgrenzte Pflanzenform dehnt sich also zur chaotischen Formenmasse aus und indem die Erweiterung und Divergenz fortdauert, scheiden sich durch Verdrängung der übrigen Glieder einzelne Gruppen immer schärfer zu Varietäten, dann zu nahverwandten Arten, endlich zu entferntstehenden Arten aus. Dieser Process kann in jedem Theil und zu jeder Zeit wieder beginnen und eine neue Spaltung herbeiführen.

In der Gattung Hieracien finden wir alle Stadien dieses Entwickelungsprocesses; und die Gegner der Transmutation behaupten mit Unrecht, dass in der Gegenwart von einer Umwandlung nichts zu bemerken sei. Der Gletscher ist doch ein Strom, wenn man auch von dem Strömen nichts sieht. Die Transmutationsbewegung ist jedenfalls so langsam, dass sie unter Umständen selbst in Jahrtausenden wenig ausgiebt.

Zu den erst chaotisch erweiterten Formen gehört Hieracium Pilosella vulgare, soweit es die Behaarung und die Färbung auf der untern Seite der Randblüthen betrifft. Man hat innerhalb dieser Form mehrere Varietäten unterschieden; man hat eine derselben (H. velutinum Heg.)

selbst zum Rang der Species erhoben. Das Vorkommen rechtfertigt diess nicht. Eine Gliederung in dem Chaos hat, wenigstens soweit meine Beobachtungen reichen, noch nicht stattgefunden, und zur Unterscheidung von wirklichen Varietäten ist daher kein Grund vorhanden.

Zu den Formenkreisen, in denen die einzelnen Gruppen sich erst undeutlich herausheben und noch nicht bestimmt umgrenzt sind, ist Hieracium Pilosella zu rechnen, in dem Sinne, wie es von Fries genommen wird. H. Hoppeanum Schult., H. Peleterianum Merat., H. Pseudopilosella Ten. sind durch Verdrängung der Zwischenformen noch nicht soweit isolirt, um als Arten erklärt werden zu dürfen.

Formen, die durch Verdrängung der abweichenden nächst verwandten Gebilde mit scharfer und bestimmter Umgrenzung auftreten, zwischen denen aber noch isolirte Zwischenformen vorhanden sind, finden wir z. B. in H. Auricula, H. aurantiacum, H. Pilosella etc., oder in H. murorum, H. villosum, H. glaucum. Dagegen bleibt es von H. Auricula und H. glaciale oder von H. murorum und H. vulgatum fast zweifelhaft, ob wir sie den vorhergehenden oder diesem Stadium einreihen sollen.

Als Arten, zwischen denen keine constanten Zwischenformen mehr bestehen, die aber wohl noch Bastarde bilden können, dürfen wir wahrscheinlich H. alpinum und H. villosum, H. alpinum und H. glaucum, H. murorum und H. umbellatum etc. nennen. Dagegen haben sich die Sectionen Pilosella (Piloselloiden), Archieracium und Stenotheca (H. staticifolium) soweit von einander entfernt, dass die hybride Befruchtung zwischen ihnen unmöglich geworden ist.

---

27. Ueber die Versuche, betreffend die Capillarwirkungen bei vermindertem Luftdrucke.

(Vorgetragen den 21. April 1866.)

Die in meiner Mittheilung vom 10. März erwähnten Thatsachen stellen den Zusammenhang zwischen der Verdunstung und der Steighöhe bei vermindertem Luftdrucke ausser Zweifel. Sie geben aber doch der Vermuthung Raum, dass die beobachteten Niveauveränderungen nicht einzig und allein durch Dampfspannung bewirkt werden, sondern zum Theil durch innere Ursachen bedingt sein möchten. Denn selbst die Versuche mit den oben abgebrochenen Röhren beweisen zunächst nur, dass ohne die Mitwirkung der Dämpfe ein augenfälliges Sinken des Niveau's nicht erfolgt. Das Bestreben zu sinken könnte aber nichtsdestoweniger vorhanden sein, etwa ähnlich wie in den nämlichen Röhren bei Temperaturen unter Null das Bestreben zu gefrieren. Wie beim Gefrieren eine starke mechanische Erschütterung, ein elektrischer Schlag u. dgl., so könnte in unserem Falle der Druck der Dämpfe den erforderlichen Anstoss geben; er würde die Bewegung einleiten und sodann die andern motorischen Kräfte in ihrer Wirkung unterstützen. Diese Möglichkeiten veranlassten uns, die Spannungen, welche die Dämpfe in Capillarröhren erreichen, durch direkte Messung zu ermitteln und hierauf zu untersuchen, ob die beobachteten Niveauveränderungen damit übereinstimmen.

Zu diesem Behufe wurde zunächst ein Apparat construirt, wie er in Fig. 2 in 1/3 natürlicher Grösse dargestellt ist. Derselbe besteht aus einer etwa zolllangen Spindel S, welche seitlich mit dem heberförmig gebogenen Manometer

M communicirt und nach unten und oben in die Capillarröhren A und B übergeht. Diese letzteren waren anfänglich die ausgezogenen Enden der Spindel und daher zunächst der Ansatzstelle ziemlich stark kegelförmig. Später, als eine möglichst gleichmässige Weite wünschenswerth erschien, wurden dieselben abgebrochen und dafür Stücke längerer Röhren von annähernd cylindrischer Form eingekittet. Die obere Röhre (B) diente bei den Versuchen zur Ableitung der Dämpfe, die untere tauchte in ein Reagensgläschen mit Wasser oder wurde auch, wie es in der Figur dargestellt ist, ganz oder theilweise mit Wasser gefüllt und dann unten verschlossen. Als Verschlussmittel bewährte sich dicker Gummischleim, welcher durch wiederholtes Eintauchen in geröstetes Stärkemehl oder pulverisirtes Gummi rasch zum Trocknen gebracht wurde, am besten. Mit andern Mitteln, wie Wachs oder Stearin, desgleichen beim Zuschmelzen war es nicht möglich, den Eintritt oder die Ausscheidung von Luft vollständig zu verhindern. Die Manometerröhre, welche ebenfalls hermetisch in die Spindel eingekittet war, hatte eine Weite von c. 2 M.M.; sie war bis auf ungefähr halbe Höhe mit fettem Oel gefüllt und gestattete einen Spielraum von 112 M.M. für die zu beobachtenden Niveaudifferenzen. Diese letzteren sind offenbar das Maass für die in der Spindel vorhandenen Spannungen.

Ein anderer Apparat (Fig. 3), an welchem in gleicher Weise zwei Manometer (I und II) angebracht waren, diente zur Bestimmung der Spannungen an zwei verschiedenen Punkten der Abzugsröhre. Die beiden Röhrenstücke B und B′ wurden zu diesem Zwecke möglichst gleich gewählt, es waren die symmetrischen Hälften einer längern Röhre. Die Röhre A wurde wie im vorhergehenden Falle in ein Reagensgläschen mit Wasser getaucht oder nach dem Füllen mit Wasser unten verschlossen. Die durch Verdunstung gebildeten Dämpfe gelangten also durch die Röhre A in die

untere Spindel, von da durch die Abzugsröhre B in die obere und endlich durch eine gleiche Röhre B' in den Recipienten [1]).

Da die Ausgleichung der Spannungen zwischen den Manometerspindeln und dem Recipienten durch Capillarröhren von so geringem Durchmesser, wie wir sie in Anwendung brachten, äusserst langsam erfolgt, so musste beim Gebrauche der Apparate sowohl das Auspumpen als das Wiedereinlassen von Luft behutsam geschehen. Der Rückstoss ist hier wegen der Spindelerweiterungen so bedeutend, dass schon ein kurzer Kolbenzug das Oel in den Manometern sofort zum Ausfliessen bringt und das Niveau in der Capillarröhre, sofern letztere unten offen ist, bis zum untern Ende zurückdrängt. Es bedurfte oft einer vollen halben Stunde, um den Barometerstand bis auf 8 oder 10 M.M., wo der Rückstoss schwächer wird, herunterzubringen, während diess sonst durch drei Kolbenzüge erreicht wird.

Die Beobachtungen, welche mit Hülfe dieser Apparate angestellt wurden, gaben indess zunächst nur über die Spannungen Aufschluss, welche in den spindelförmigen Erweiterungen und in den damit verbundenen Manometern vorhanden waren, d. h. sie gaben die Ordinaten für zwei Punkte der im Uebrigen unbekannten Spannungscurve. Wie die Spannungen im Innern der Röhre, wo die strömenden Dämpfe in lebhafter Bewegung begriffen sind und beträchtliche Reibungswiderstände zu überwinden haben, von unten nach

---

1) Die beschriebenen Manometerapparate wurden in den Recipienten gebracht, dessen ich in der letzten Mittheilung erwähnte und mit dem alle unsere Versuche angestellt wurden. Er ist in Fig. 1 abgebildet. R ist das Reagensgläschen, in welchem sich diessmal Oel (o) über dem Wasser (a) befindet; die Capillarröhre (c), die unten ins Wasser taucht, ist oben an der den Kautschukpfropfen durchbohrenden Stricknadel befestigt.

oben abnehmen und welche Höhe sie demzufolge über dem Wasserniveau erreichen müssen, — das liess sich aus den beobachteten Manometerständen nicht unmittelbar erschliessen, sondern musste durch besondere Untersuchungen ermittelt werden. Es mag daher eine kurze Erörterung der Spannungsverhältnisse, wie sie beim Strömen der Gase durch Capillarröhren, in welchen grössere Erweiterungen vorkommen, eintreten müssen, der Mittheilung unserer Beobachtungen vorausgehen.

Wenn ein Gas unter einem beliebigen, aber constanten Drucke H in einer Röhrenleitung strömt, so nimmt es in jedem Querschnitt eine constante mittlere Geschwindigkeit an, welche jedoch in der Richtung des Stromes im umgekehrten Verhältniss zu dem allmählich kleiner werdenden Drucke sich steigert und überdiess mit der Weite der Röhre variirt. In cylindrischen Röhren nimmt diese Geschwindigkeit continuirlich zu, weil die Lufttheilchen mit abnehmendem Drucke sich weiter von einander entfernen; in nicht-cylindrischen ist sie überdiess der Grösse des Querschnittes umgekehrt proportional. In dieser letztern Beziehung verhalten sich also die Gase ganz wie die Flüssigkeiten. Uebrigens ist an und für sich klar, dass diess nicht anders sein kann.

Auch mit Rücksicht auf die Spannungen bestehen voraussichtlich mancherlei Analogieen. Denken wir uns z. B. der stromerhaltende Druck werde auf einen grossen luftführenden Behälter ausgeübt, mit welchem die Röhrenleitung in Verbindung steht, so ist einleuchtend, dass die Lufttheilchen, ähnlich wie unter gleichen Verhältnissen die Flüssigkeitstheilchen, beim Eintritt in die Röhre, wo sie aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung übergehen, an Spannkraft verlieren, was sie an lebendiger Kraft gewinnen. Die dem Drucke entsprechende Spannung H im Behälter sinkt also am Anfang der Röhre auf eine geringere

Höhe H—h herunter, wenn nämlich h die Kraftgrösse bezeichnet, welche hiebei in Bewegung umgesetzt wird. Je rascher die Bewegung, um so grösser ist natürlich der Verlust an Spannkraft, da die Kraftsumme, welche die Strömungsgeschwindigkeit und die Spannung zusammengenommen repräsentiren, nach dem Princip der Erhaltung der Kraft dieselbe bleibt. Diese Kraftsumme oder Gesammtkraft nimmt nun aber nothwendig von Querschnitt zu Querschnitt ab, weil in Folge der Widerstände, welche die Röhrenwandungen darbieten, auf jede Längeneinheit ein Theil des vorhandenen Kraftvorrathes geopfert, d. h. von den Lufttheilchen auf die Wandungen übertragen wird. Es ist ferner einleuchtend, dass diese Abnahme in grössern Erweiterungen, welche in die Röhrenleitung eingeschaltet sind, sich durch eine entsprechende Verminderung der Spannungen kundgeben muss. Denn sind diese Erweiterungen, wie diess bei unsern Apparaten der Fall ist, so gross, dass man die Luft in denselben ohne merklichen Fehler als ruhend betrachten kann, so wird die Bewegungsgeschwindigkeit hier offenbar wieder ganz in Spannkraft umgesetzt. Die Manometer geben daher eine Spannung an, welche diejenige der Röhrenmündung um eine der Strömungsgeschwindigkeit entsprechende Höhe übertrifft und folglich der Gesammtkraft, womit die strömenden Lufttheilchen vermöge ihrer Spannung und Bewegung ausgestattet sind, gleichkommt.

Die Kraft betreffend, welche die Luftströmung zunächst der in den Recipienten mündenden Ausflussöffnung noch besitzt, so lässt sich dieselbe auf theoretischem Wege nicht ohne Weiteres bestimmen. Es wäre diess nur dann möglich, wenn der Beharrungszustand, den wir in der Röhre voraussetzen, auch mit Rücksicht auf den Recipienten vorhanden wäre, was natürlich nicht der Fall. Die Luftströmung leistet, nachdem sie die Röhre verlassen, noch eine gewisse Arbeit, indem sie die im Wege stehenden Lufttheilchen vor sich

her schiebt und comprimirt. Die Kraftsumme, welche sie repräsentirt, ist daher nothwendig grösser als die Spannung im Recipienten, und da sie voraussichtlich mit der Strömungsgeschwindigkeit zu- und abnimmt, so muss sie in jedem gegebenen Falle aus den Beobachtungen erschlossen werden.

Zur richtigen Deutung der Beobachtungen, die sich bei unsern Versuchen nur auf die durch die Spannungen gegebenen Kraftsummen in den beiden spindelförmigen Erweiterungen (Fig. 3) beziehen konnten, bleibt nun aber zu ermitteln übrig, wie diese Kraftsummen innerhalb der Röhre sich ändern, d. h. nach welchem Gesetz sie gegen die Mündung hin abnehmen. Um diese Frage, welche bis jetzt bloss für weite Röhren gestellt worden war, zu beantworten, wurden durch besondere Versuche mittelst eines Aspirators die Luftmengen bestimmt, welche bei constantem Drucke durch Capillarröhren von gleichem Durchmesser und verschiedener Länge hindurchströmen. Die Versuche ergaben übereinstimmend, dass diese Luftmengen der Röhrenlänge umgekehrt proportional sind oder, was dasselbe ist, dass die Ausflusszeiten für die nämliche Luftmenge sich verhalten wie die Röhrenlängen. Bei einer Röhre von 350 M.M. Länge, welche in der Mitte 0,15 und an den Enden 0,18 M.M. Durchmesser hatte, sank z. B. das Niveau des Aspirators in 1½ Stunden um 10 M.M., bei einem zweiten Versuch, nachdem die Röhre in der Mitte abgebrochen (also in zwei symmetrische Hälften getheilt) war, in ¾ Stunden ebenfalls genau um 10 M.M. Die Strömungsgeschwindigkeit war also doppelt so gross.

Zu demselben Ergebniss führten auch die Versuche, welche mit Röhren bis zu 0,35 M.M. Weite und sehr verschiedener Länge angestellt wurden. Die Vergleichung der Ausflussmengen, welche dieselbe Röhre unter verschiedenen Druckhöhen, sowie verschiedene Röhren bei gleicher Druckhöhe lieferten, stellte überdiess heraus, dass die Strom-

geschwindigkeit dem Drucke genau proportional und dem Quadrate des Durchmessers wenigstens annähernd proportional ist. Die Ausflussmengen verhalten sich nämlich unter übrigens gleichen Umständen nahezu wie die vierten Potenzen der Durchmesser. Folgende Ziffern mögen hiefür als Belege dienen.

Mittlerer Durchmesser der Röhre in M.M.	Länge der Röhre in M.M.	Druckhöhe in M.M. Wasser.	Ausflussmenge in Cub. Cent. per Minute.	Verhältniss der 4. Potenzen der Durchmesser.	Verhältniss der Ausflussmengen.
0,356	96	300	31	19,2	19,4
0,286	230	300	6	8	7,8
0,170	175	300	0,926	1	1,
0,295	78,5	69,5	4,166	3,48	3,46
0,216	104	69,5	0,91	1	1

Das Strömen der Luft durch capillare Röhren geschieht hienach in den wesentlichsten Punkten nach denselben Gesetzen wie das Strömen der Flüssigkeiten [2]). Wie bei diesen, so nehmen auch hier die Widerstände, welche die strömenden Theilchen zu überwinden haben, von Querschnitt zu Querschnitt ab, wie die Ordinaten einer geraden Linie. In derselben Weise erfolgt daher nothwendig auch die Abnahme der Kräfte, welche die Strömung unterhalten, und wo diese

2) In weiten Röhren verhalten sich nach den Versuchen von Girard die Ausflussmengen direkt wie die Druckhöhen und umgekehrt wie die Quadrate der Röhrenlängen. (Vgl. Wüllner, Lehrb. der Experimentalphysik p. 352.) Der Einfluss der Röhrenlänge ist also je nach der Weite der Röhre verschieden. Dagegen scheint die Dichtigkeit der Gase, d. h. das spezifische Gewicht derselben, die Strömungsgeschwindigkeit in weiten wie in engen Röhren nicht zu modificiren. Wenigstens strömt das Wasserstoffgas durch Capillarröhren mit derselben Geschwindigkeit, wie die atmosphärische Luft.

Kräfte, wie in den spindelförmigen Erweiterungen unserer Apparate sich als Spannung kundgeben, die Abnahme der entsprechenden Manometerstände. Die absolute Grösse der Differenzen, welche auf eine bestimmte Länge einer gegebenen Röhre fallen, mag hiebei je nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Lufttheilchen sich in der Röhre bewegen, grösser oder kleiner ausfallen, die Veränderung der Gesammtkraft also bald rascher und bald langsamer erfolgen: es gilt unter allen Umständen dasselbe Gesetz.

Zum Ueberfluss mögen hier noch einige Versuche Erwähnung finden, welche wir nachträglich anstellten, um die Richtigkeit dieses aus den Ausflussmengen abgeleiteten Gesetzes in direkter Weise zu bestätigen. Die Versuche wurden mittelst eines Apparates, welcher dem in Fig. 3 dargestellten in der Construction ähnlich, dabei aber mit drei Manometern versehen war, ausgeführt und ergaben bei verschiedenen Barometerständen die in folgender Tabelle zusammengestellten, sämmtlich in Millimetern ausgedrückten Spannungswerthe. Das strömende Gas war bis auf 10 M.M. Barometerstand Luft oder doch vorwiegend Luft, bei tiefern Barometerständen dagegen ausschliesslich Wasserdampf. Temperatur = 16° C.

Barometerstand.	Man. I.	Man. II.	Man. III.
gewöhnlicher Luftdruck	153	101	50,5
„ „	151	99	50
„ „	148	98	49
„ „	146	97	48,5
c. 250 M.M.	129	90	49
10 „	124	95	64
6 „	116	100	85
5 „	116	104	90

Hiezu ist zu bemerken, dass die drei Abzugsröhren je 112 M.M. lang und fast genau cylindrisch waren. Bei einer derselben variirte der Durchmesser nur zwischen 0,142 und 0,144 M.M., bei den beiden andern zwischen 0,140 und 0,145 M.M. Die Luftmengen, welche unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur durch diese Röhren hindurch strömten, waren bis auf die unvermeidlichen Fehler einander gleich. — Die genauesten Messungen der Manometerstände beziehen sich auf die Strömung bei gewöhnlichem Luftdrucke, weil hier Beharrungszustände eintreten, welche stundenlang andauern, während unter der Luftpumpe kleinere Schwankungen und somit auch Abweichungen vom Beharrungszustand nicht zu vermeiden sind. Berücksichtigt man diess, so dürften obige Ziffern einen genügenden Beweis dafür liefern, dass die Spannungsdifferenzen zwischen je zwei Manometern einander gleich sind, dass somit die Spannungen (welche hier die Gesammtkraft repräsentiren) gegen die Mündung hin abnehmen, wie die Ordinaten einer geraden Linie.

Man hat also, um die Abnahme der Gesammtkraft in der Capillarröhre graphisch darzustellen, nur nöthig, die Spannungen an zwei Stellen, wo die Bewegungsgeschwindigkeit gleich Null ist, zu messen, die entsprechenden Röhrenlängen als Abscissen und die gemessenen Grössen als Ordinaten auf eine beliebige Axe aufzutragen: die gerade Linie, welche die Endpunkte der Ordinaten verbindet, ist alsdann die Kraftlinie.

Wie sich die Gesammtkraft, welche die Luftströmung in einem bestimmten Punkte repräsentirt, auf die Bewegungsgeschwindigkeit und die Spannung vertheilt, ist für unsern Zweck gleichgültig, weil der Rückstoss, den die Verdunstung der capillaren Wassersäule hervorruft, unter allen Umständen durch die Gesammtkraft des Wasserdampfes,

nicht bloss durch seine Spannkraft, bedingt wird[3]). Denn es ist einleuchtend, dass auch die Kraft, welche an der Oberfläche des Wassers thätig ist, um die verdunstenden Theilchen desselben nach oben zu treiben, nach der entgegengesetzten Richtung hin eine äquivalente Wirkung hervorbringt und folglich den durch die Spannung bedingten Rückstoss verstärkt.

Die Maassbestimmung der Spannungen an zwei verschiedenen Punkten wurde nun mit Hülfe des Apparates Fig. 3 unter denselben Bedingungen, d. h. bei gleichen Barometerständen und Temperaturen, wie die früher besprochenen Versuche über das Sinken des capillaren Wasserniveaus, möglichst sorgfältig ausgeführt. Die beiden Abzugsröhren B und B′ waren symmetrische Hälften einer längern Röhre; sie hatten eine Länge von je 113 M.M. und eine mittlere Weite von 0,17 M.M. und erwiesen sich bei der Prüfung mittelst des Aspirators als vollkommen gleich.

---

3) Das Verhältniss der Bewegungsgeschwindigkeit zur Spannung lässt sich annähernd aus den Daten über die Ausflussmengen bei gegebenen Druckhöhen berechnen. Bei den Versuchen mit dem oben erwähnten Apparat mit 3 Manometern strömte z. B. unter einem Drucke von 136 M.M Wasser durch die $3 \times 112 = 336$ M.M. lange und 0,143 M.M. weite Röhre eine Luftmenge von 50 Cub. Cent. in $6^1/_2$ Stunden, woraus sich eine mittlere Geschwindigkeit von 131 M.M. per Sekunde ergiebt. Unter denselben Verhältnissen strömt aber die Luft durch eine feine Oeffnung, wenn die Spannung vollständig in Bewegung umgesetzt wird, mit einer Geschwindigkeit, welche sich nach der bekannten Formel $v = \sqrt{2gh}$ bestimmen lässt. In unserem Falle erhält man, da 136 M.M. Wasser = 10 M.M. Quecksilber

$$v = \sqrt{2 \,.\, 9{,}808 \, \frac{0{,}76 \,.\, 13{,}59}{0{,}001293}} \sqrt{\frac{0{,}77 - 0{,}76}{0{,}77}} = 396 \, \frac{1}{8{,}78} = 45{,}1 \text{ Met.}$$

Die Strömungsgeschwindigkeit in der Capillarröhre verhält sich also zu derjenigen, welche die volle Spannung repräsentirt, wie $131 : 45100 = 1 : 344$.

Durch jede derselben strömten bei einer Druckhöhe von 300 M.M. Wasser 86—86,5 Cub. Cent. Luft per Stunde. Die Wasserröhre A war von ungefähr gleicher Weite und bis auf einige Millimeter mit Wasser gefüllt. Nach dem vorsichtigen Auspumpen der Luft, welche aus den Manometerspindeln nur langsam entweichen konnte, wurde der Barometerstand längere Zeit auf dem erreichbaren Minimum von ungefähr 1 M.M. erhalten, bis die Spannung in den Manometern eine constante Höhe erreicht hatte. Die geringern Spannungen wurden gewöhnlich beim Stehenlassen, wobei der Barometerstand sich allmählich veränderte, zur Controle aber auch bei fortgesetztem langsamem Pumpen, wodurch derselbe constant erhalten wurde, beobachtet und nahezu übereinstimmend gefunden. In folgender Uebersicht sind einige der hiebei beobachteten Zahlenverhältnisse zusammengestellt. Längenmaasse in Millimetern, Temperatur = 8,5 C.

Barometer.		Manometer I.	Manometer II.	Abnahme der Spannung auf 100 M.M. Röhrenlänge.
a	1	86	58	25
b	1,2	80	54	23
c	1,4	75	42	29
d	1,5	72	38	30
e	2	62	31	27
f	4,5	43	19	21
g	8	29	10	17
h	9	26	8	16

Die graphische Darstellung dieser Spannungsverhältnisse (Fig. 4, Röhrenlängen und Manometerhöhen in $^3/_4$ nat. Grösse) zeigt uns zunächst, dass die Gesammtkraft am Ende der Röhre mit den Manometerständen ab- und zunimmt

und dass sie bei niederen Spannungen sogar unter Null. d. h. unter die Grösse heruntersinkt, welche der Spannung im Recipienten entspricht. Diese letztere Thatsache erscheint auf den ersten Blick absurd, weil negative Kraftwerthe mit einer Strömung nach aussen unvereinbar sind; sie erklärt sich aber, wenn man bedenkt, dass zwischen Luft und Dampf[4]) Diffusionsströmungen stattfinden, welche bei niedern Spannungen sich auch auf die Abflussröhre erstrecken und hier immer weiter nach innen fortschreiten. Ein Theil der Kraft fällt alsdann offenbar auf den gegenläufigen Luftstrom und zwar ein um so grösserer, je niederer die Barometerstände. Damit stimmt überein, dass beim Strömen von Luft in Luft während des Auspumpens oder bei Anwendung des Aspirators jene negativen Kraftwerthe nie vorkommen.

Die Abnahme der Spannungen in der Richtung des Stromes ändert sich, wie man aus der letzten Columne ersieht und wie bereits oben hervorgehoben wurde, mit dem äussern Luftdruck und mit der damit zusammenhängenden Lebhaftigkeit der Verdunstung. In der graphischen Dar-

---

4) Die Verdunstung des Wassers in der Capillarröhre A erfolgt bei niedern Barometerständen so rasch, dass der sich entwickelnde Wasserdampf die im Apparate Fig. 3 enthaltene Luft jedenfalls sehr bald verdrängt. Eine Röhre von 0,15 M.M. Weite verdunstete z. B. bei einem Barometerstande von 7 M.M. und einer Temperatur von 18° C. in je 5 Minuten 1 M.M. Wasser, wobei das untere Manometer auf einer mittlern Höhe von 104 M.M. Oel = 7 M.M. Quecksilber stehen blieb. Das Volumen des Wasserdampfes berechnet sich unter diesen Verhältnissen, wenn man dasjenige des Wassers = 1 setzt, auf c. 70,000, eine Dampfmenge, welche offenbar ausreicht, um den Apparat binnen kurzer Zeit vollständig auszufüllen.

Der Recipient enthält dagegen immer ein Gemisch von Luft und Wasserdampf, in welchem je nach Umständen der letztere oder die erstere vorwiegt.

stellung beträgt die Neigung der Kraftlinie bei 1 M.M. Barometerstand 15—16° und sinkt beim Stehenlassen, kleinere Schwankungen abgerechnet, allmählich tiefer. Aus der Vergleichung mit andern Beobachtungsreihen, wobei die Luftpumpe etwas Wasser condensirt hatte, so dass in Folge dessen der Barometerstand nicht unter 2—2½ M.M. gebracht werden konnte, geht übrigens hervor, dass der Wassergehalt der äussern Luft den fraglichen Neigungswinkel unter übrigens gleichen Umständen wesentlich modificirt. Auch ist an und für sich klar, dass es nicht gleichgültig sein kann, ob der Barometerstand im Recipienten durch trockene Luft oder vielleicht zum grössern Theil durch Wasserdämpfe bedingt sei.

Auf die Neigung der Kraftlinie hat überdiess das Verhältniss Einfluss, in welchem die Spannung im untern Manometer zu derjenigen im Recipienten steht, und wir bemerken ausdrücklich, dass der bezeichnete Winkel von 15—16° nur den Bedingungen entspricht, wie sie bei unsern Versuchen unter der Luftpumpe gegeben waren.

Die Strömung bei gewöhnlichem Luftdrucke ergiebt unter übrigens gleichen Umständen ein anderes Resultat. Wird z. B. der oben erwähnte, mit 3 Manometern versehene Apparat mit einem Gefäss in Verbindung gebracht, in welchem die Luft unter einem Druck von 50 bis 150 M.M. Wasser steht, so dass das erste Manometer (I) eine entsprechende Spannung in Oel angiebt, so erhält man eine Kraftlinie, welche bei der Röhrenmündung unter allen Umständen auf Null herunter sinkt, der Druck mag innerhalb der angegebenen Grenzen grösser oder kleiner sein. Selbst wenn die Druckhöhe auf 180—200 M.M. Wasser gesteigert wird, erhebt sich die Kraftlinie nur etwa 5—6 M.M. über das Röhrenende [5]). Diess giebt Neigungen, welche für die grössern

5) Die Thatsache, dass die Ordinate der Kraftlinie für die dem Röhrenende entsprechende Abscisse bis zu einer Druckhöhe von

Druckhöhen den oben bezeichneten Winkel von 15—16° bedeutend übertreffen. Uebrigens zeigen schon die in der vorletzten Tabelle mitgetheilten Daten zur Genüge, wie sehr das Verhältniss der Spannungen am einen und andern Röhrenende ins Gewicht fällt.

Dagegen scheint die Weite der Röhre innerhalb gewisser Grenzen und unter den speziellen Bedingungen, welche bei unseren Versuchen gegeben waren, ohne erheblichen Einfluss zu sein. Beobachtungen mit Röhren, welche bei gleicher Länge ungefähr doppelt so weit (0,38 und 0,36 M.M.) waren als die bis dahin benutzten, ergaben für die Strömung der Wasserdämpfe im verdünnten Raum ganz ähnliche Zahlenverhältnisse und in der graphischen Darstellung ähnliche Neigungen, wie die soeben besprochenen. Bei einem Barometerstand von 1 M.M. betrug z. B. diese Neigung ebenfalls 15° und bei 4,5 M.M. noch 7°.

Nach diesen Erörterungen mögen zunächst einige Messungen folgen, welche in der Absicht unternommen wurden, die Abhängigkeit des möglichen Rückstosses von der Länge des vorstehenden Röhrenstückes zu prüfen. Wir bedienten uns hiezu des in Fig. 2 abgebildeten Apparates. Die capillare Abflussröhre (B) hatte eine Länge von 162 M.M. und eine Weite, welche in der Mitte 0,183 M.M. betrug und sich gegen die Enden auf 0,201 M.M. steigerte. Die Röhre (A), welche ziemlich tief in die Spindel hineinragte, war bis auf wenige M.M. gefüllt und am untern Ende verschlossen. Nach dem Auspumpen auf c. 1 M.M. Barometerstand sank das Niveau in Folge der Verdunstung in je 5 Minuten um einen halben Millimeter (Temperatur = 7° C.) und das Manometer erreichte eine Höhe von 80—82 M.M., auf welcher es eine

200 M.M. Wasser = 0 oder doch nahezu = 0 ist, führt überdiess zu dem Schluss, dass die durch die Reibung verursachten Verluste mit der Strömungsgeschwindigkeit zu- und abnehmen.

volle halbe Stunde erhalten wurde. In Wasser ausgedrückt, reducirt, sich diese Spannung auf 74 M.M., d. h. sie ist im Stande, einer Wassersäule von dieser Höhe das Gleichgewicht zu halten und folglich das Niveau in Capillarröhren um die nämliche Grösse zurückzudrängen.

Die Ausflussröhre wurde jetzt nach einander auf 3/4, 1/2, 1/4 und 1/8 ihrer ursprünglichen Länge reducirt und die Wasserröhre A jedesmal neu gefüllt. Die Spannungen, welche hiebei unter annähernd gleichen Bedingungen eintraten, waren auffallender Weise nur wenig verschieden; sie variirten je nach der Temperatur zwischen 76 und 80 M.M. Dagegen erreichte die Verdunstungsgeschwindigkeit bei halber Röhrenlänge genau die doppelte und bei 1/4 die vierfache Höhe, und dasselbe Verhältniss lässt sich auch für ganz kurze Röhren von 10 und 20 M.M. Länge aus den erhaltenen Daten ableiten, wenn man das beim Auspumpen und während der Dauer der Beobachtungen entleerte Stück der Wasserröhre A mit in Rechnung bringt. Die beobachteten Grössen sind in nachfolgender Uebersicht (die Längenmaasse in Millimetern) zusammengestellt.

Länge der Abzugsröhre	162	122	82	41	20	11
Barometer	1	1	1	1	1	1
Temperatur nach C.	7°	8,25°	8,25°	7,5°	7,5°	7,25°
Verdunst. in 5 Minuten	0,5	0,7	1	2	3,5	6
Manometer	81	80	79	79	78	60

Diese Thatsachen beweisen, dass die Wasserdämpfe unter Bedingungen, wie wir sie hier im Auge haben, schon bei einem verhältnissmässig geringen Abstande der verdunstenden Fläche vom Röhrenende und bei einer Temperatur von nur 7—8° C. einen continuirlichen Druck von ungefähr 75 M.M. in Wasser auszuüben vermögen. Sie entwickeln

hienach nicht weniger als $^3/_4$ der vollen Spannkraft, die sie unter gleichen Bedingungen in einer oben geschlossenen Röhre erreichen würden.

Um indess noch direktere Anhaltspunkte für die Grösse des Rückstosses zu gewinnen, wurden Versuche mit dem Apparat Fig. 3 in der Art angestellt, dass die unten offene Capillarröhre A in Wasser tauchte. Zur Verhütung der Verdunstung im weitern Gefäss wurde nach dem Eintauchen eine Schicht von 10—20 M.M. Oel aufgegossen, und dann langsam und vorsichtig ausgepumpt. Die Verdünnung konnte auf diese Weise zu wiederholten Malen bis auf 1 M.M. Barometerstand gebracht werden, während allerdings in andern Fällen das Wasser unter dem Oel zu kochen begann. — Bei dieser Einrichtung des Apparates war es möglich, die Wirkung der Wasserdämpfe auf das capillare Niveau aus den beobachteten beiden Manometerständen jedenfalls sehr annähernd zu bestimmen; es musste sich also zeigen, ob die Niveauveränderungen in der Capillarröhre damit übereinstimmen.

In einem bestimmten Falle ergab die Beobachtung Folgendes. Die Capillarröhre tauchte in ein Reagensgläschen mit Wasser, auf welches 20 M.M. Oel aufgegossen war. Der Nullpunkt für die Steighöhe lag hienach (das spezif. Gewicht des Oels zu 0,92 gerechnet) 1,6 M.M. unter der Oberfläche des Oels. Die Steighöhe in der Capillarröhre betrug 100,6 M.M.; das capillare Wasserniveau war noch 17 M.M. vom obern Ende entfernt. Nach dem Auspumpen sank dasselbe ziemlich rasch bis zum Niveau des Oels und bei fortgesetztem Pumpen langsam weitere 12 M.M. Die Niveauveränderungen wurden nebst den entsprechenden Manometerständen von Zeit zu Zeit gemessen; die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Zur genauen Vergleichung sind in der dritten Columne (Niveaudifferenz) überdiess die Spannungen in Oel beigefügt, welche unmittelbar über dem

Meniscus vorhanden sein müssen, um die beobachteten Niveaudifferenzen hervorzurufen. Als Differenz ist hiebei die Grösse zu verstehen, um welche das zurückgedrängte Niveau tiefer steht, als es der in gleicher Höhe gemessenen Röhrenweite entsprechen würde. So ist z. B. die Weite der Röhre in ihrem untern Theile = 0,266 M.M., die entsprechende Steighöhe = 112 M.M., folglich die Niveaudifferenz, wenn das Wasser auf Null d. h. 1,6 M.M. unter dem Oel steht, = 112 M.M. In diesem Sinne sind die Differenzen in der folgenden Uebersicht berechnet und sodann durch 0,92 dividirt worden, um sie auf Oel zu reduciren. Die Temperatur schwankte während der Beobachtung zwischen 10,6 und 10,75° C.

Röhrenweite.	Steighöhe.	Niveau-differenz auf Oel reducirt.	Man. I.	Man. II.	Baro-meter.
298	+ 100,6	0	0	0	—
266	+ 1,6	120	96	66	1,8
266	— 0,4	122	101	68	1,75
266	— 10,4	133	104	70	1,7

In Fig. 5 sind diese Spannungsverhältnisse graphisch dargestellt. A ist die capillare Wasserröhre; Man. I und Man. II sind die beiden Manometer; Niv. bezeichnet die Punkte, wo sich der capillare Meniscus befindet. Die Röhrenlängen sind als Abscissen, die Spannungen als Ordinaten und zwar beide in $^6/_{10}$ natürlicher Grösse aufgetragen. Die drei obersten Kraftlinien beziehen sich auf Beharrungszustände während des Auspumpens, die übrigen auf solche, welche später beim Stehenlassen eintraten. Nur jene drei sind bis zu den Ordinaten, welche die Niveaudifferenzen ausdrücken, verlängert. — Man ersieht aus der Construction, dass die Neigung der Spannungslinien in der Wasserröhre geringer

ist, als in den Abzugsröhren B und B′. Wären die Röhren gleich weit, so würde sich hieraus ergeben, dass die Niveaudifferenzen der capillaren Wassersäule nicht einmal jene Höhe erreichen, welche nach Maassgabe der Manometerstände sich erwarten liesse.

In Wirklichkeit besteht jedoch diese Gleicheit der Röhrendurchmesser nicht. Die Wasseröhre A hat nach Messungen an 10 ungefähr gleich weit von einander abstehenden Punkten eine mittlere Weite von 0,283 M.M., die Abzugsröhre B (und ebenso B′) eine mittlere Weite von 0,216 M.M. Durch erstere strömten unter dem Drucke von 69,5 M.M. Wasser 2,7 Cub.-Cent. Luft per Minute, durch letztere nur 0,91 Cub.-Cent., also dreimal weniger. Wollen wir also die Röhre A in Gedanken durch eine andere gleichwerthige ersetzen, welche mit Rücksicht auf die Neigung der Spannungslinie mit B übereinstimmt, so muss dieselbe die Weite von B und eine Länge von 1/3 AB haben. Dem entsprechend müssen die in bestimmten Punkten von A beobachteten Spannungen (Niveaudifferenzen) auf der eingebildeten Ersatzröhre in 1/3 des Abstandes vom untern Manometer aufgetragen werden. Diess ist in unserer Figur durch punctirte Linien angedeutet. Man sieht jetzt, dass die Niveaudifferenzen in der Röhre A thatsächlich etwas grösser sind, als die Construction der Spannungslinie auf Grund der Manometerstände und der Röhrendurchmesser sie ergeben würde, d. h. die nach den Niveaudifferenzen construirte Kraftlinie der Röhre A ist stärker, geneigt, als die nach rückwärts verlängerte Spannungslinie der Abzugsröhren.

Zu demselben Ergebniss führten auch mehrere andere Beobachtungseihen. Indess ist zu bemerken, dass die nämliche Röhre zuweilen auch das entgegengesetzte Verhalten zeigte und dass überhaupt die Wiederholung der Messungen nach dem Einlassen von Luft und Wiederauspumpen immer etwas abweichende Zahlenverhältnisse ergab. Die

graphische Darstellung der Kraftlinie beweist uns demnach, dass die am Meniscus wirksame Gesammtkraft (lebendige und Spannkraft) der Dämpfe in manchen Fällen nicht ausreicht, um den Stand des Niveau's zu erklären, dass in andern Fällen im Gegentheil das letztere höher steht, als es durch jene Kraft gefordert wird.

Das Nämliche lässt sich noch auf einem andern Wege darthun. Bei einzelnen unserer Versuche sank das Niveau so tief, dass dazu die volle Spannkraft der Wasserdämpfe nicht ausreichte. Ich stelle hier einige solcher Fälle zusammen

Temperatur nach C	10,5°	13,7°	15°	6,25°	3,7°	6,25°
Spannkraft der Dämpfe	137	159	173	96,5	80	96,5
Niveaudifferenz	188	174	197	128	82	105
Röhrenweite	0,184	0,161	0,147	0,198	0,250	0,162

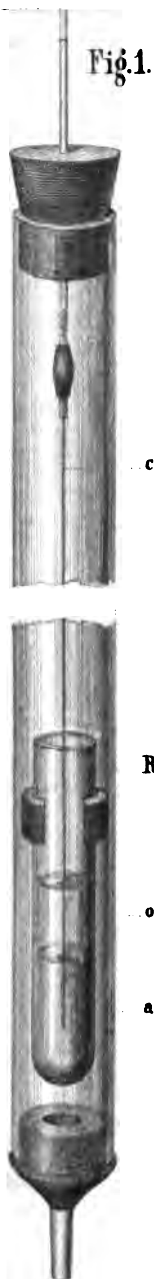
Die Spannkraft der Wasserdämpfe ist in Millimetern Wasserhöhe ausgedrückt. Die Niveaudifferenz giebt die Herabdrückung der capillaren Wassersäule unter die normale Steighöhe an; sie beträgt hier durchgehends mehr als jene Spannkraft, Aus den früher angestellten Versuchen wissen wir, dass die am Meniscus wirklich vorhandene Gesammtkraft kaum über $^3/_4$ der vollen Spannkraft bei der gegebenen Temperatur beträgt.

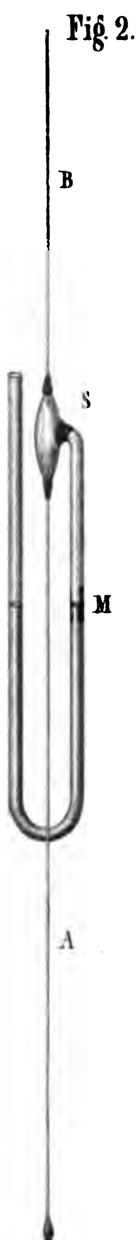
Bei vielen andern Versuchen, z. Th. mittelst der gleichen Röhren, wo der nämliche tiefe Barometerstand, also auch eine gleich lebhafte Verdunstung erzielt wurde, war die Herabdrückung des Niveau's weniger als $^3/_4$ der vollen Dampfspannung. Ob das Eine oder Andere eintrete, hängt wesentlich von dem langsamern oder raschern Pumpen ab, indem das rasche Pumpen immer einen tiefern Stand herbeiführt. Man möchte nun vermuthen, dass dasselbe eine grössere Spannung der Dämpfe verursache. Diess ist aber nicht der Fall. Die Verdunstungsmenge in der Zeiteinheit bei gleicher Temperatur hängt von dem Barometerstand ab. Nun dauern, wenn in Folge langsamen Pumpens das Niveau langsam sinkt, bis zur Erreichung seines tiefsten Standes die niederen Barometerstände länger an; die Dampfspannung kann grösser werden; und jedenfalls, was wesentlich ist, drücken die höhern Spannungen länger auf den Meniscus. Man sollte also mit Rücksicht auf die Verdunstung gerade das Gegentheil von dem erwarten, was wirklich eintritt. Es kann auch noch

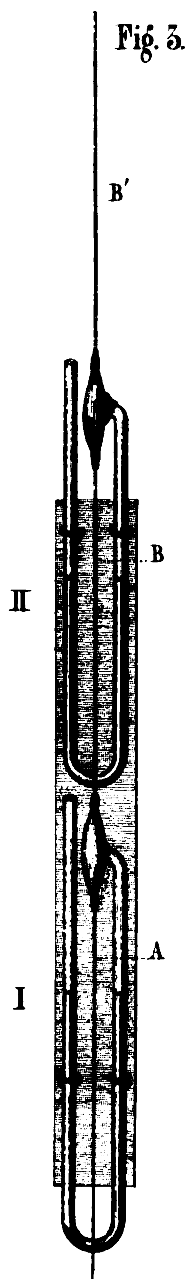
beigefügt werden, dass wenn durch langsames Pumpen der tiefste Barometerstand und ein verhältnissmässig hoher des Niveau's herbeigeführt wurde, dann rasches Pumpen, welches den Barometerstand nicht mehr zu erniedrigen vermag, auch das Niveau unverändert lässt.

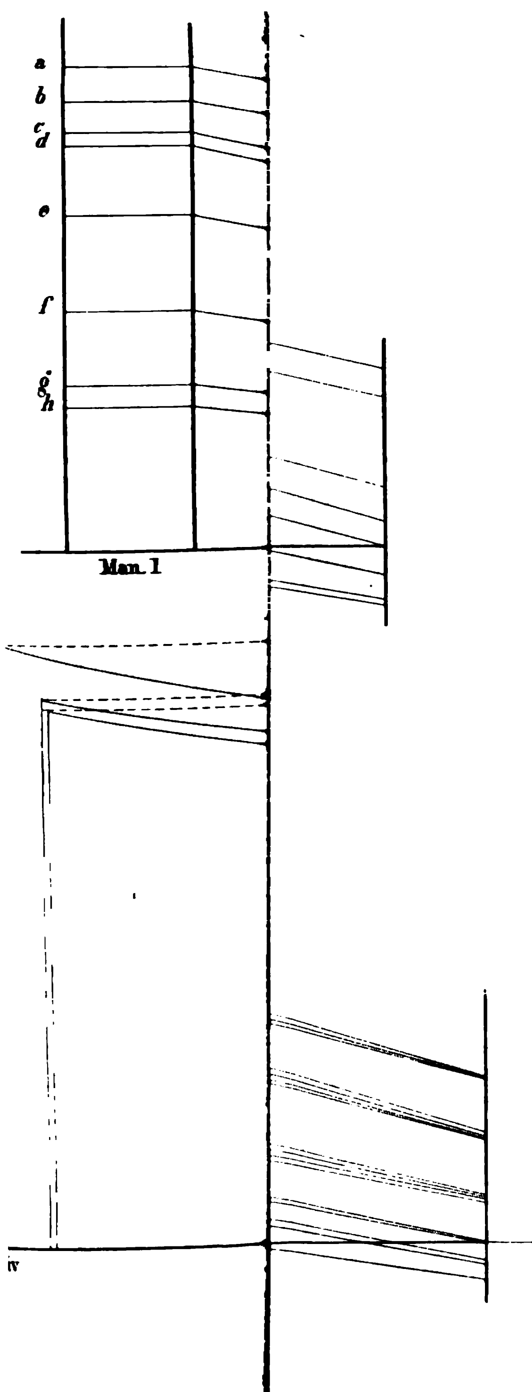
Die beobachteten Thatsachen zeigen also, dass das capillare Niveau in Folge der Verdunstung bald tiefer bald weniger tief sinkt, als es durch die Spannkraft der Dämpfe an seiner Oberfläche erklärt werden kann. Es beweist diess, dass ausser dieser Spannkraft noch andere Ursachen mitwirken. Da es keine äusseren Factoren mehr giebt, die auf die Bewegung Einfluss haben könnten, so müssen sie in der capillaren Wassersäule selbst gesucht werden. Die eine Hälfte der Erscheinungen, wo die Veränderung des Niveaus hinter der Grösse zurückbleibt, welche durch die Dampfspannung bedingt wird, liesse sich durch die geringe Beweglichkeit der Wassersäule in einer Capillarröhre erklären. Es giebt eine ganze Reihe von Thatsachen, welche dieses Beharrungsvermögen darthun, wie schon in der letzten Mittheilung angedeutet wurde. Diess zeigt sich namentlich sehr augenfällig beim Stehenlassen. War z. B. das Niveau bei einem Barometerstande von 1 M.M. auf Null, so bleibt es oft längere Zeit oder fällt sogar in Folge der Verdunstung noch tiefer, obschon das Barometer allmählich auf 2—3 M.M. hinaufgeht und die beiden Manometer auf $^2/_3$ oder $^1/_2$ ihrer ursprünglichen Höhe herabsinken. Das Steigen beginnt erst, wenn die Capillaranziehung ein beträchtliches Uebergewicht erlangt hat, und nicht selten tritt in einem höhern Niveau abermals eine Pause ein.

Die andere Hälfte der Erscheinungen aber, wo nämlich die Veränderungen des capillaren Niveaus grösser sind, als sie die äussern Ursachen verlangen, wo bei den vorhin erörterten Beobachtungen die Herabdrückung über die durch die Dampfspannung bedingte Grösse hinausgeht, verlangt offenbar eine andere Erklärung. Es muss dafür entweder eine Modification der capillaren Kräfte oder überhaupt eine innere Ursache angenommen werden, welche die Wirkungen der Dampfspannung vermehrt.


Fig. 1.
c
R
o
a


Fig. 2.
B
S
M
A


Fig. 3.
B'
B
II
A
I


a
b
c
d
e
f
g
h
Man. I
iv

28. Synonymie und Litteratur der Hieracien.

(Vorgetragen den 5. Mai 1866.)

Ich habe nicht im Sinne, eine eigentliche Abhandlung über dieses stachelige Kapitel zu schreiben. Doch scheint es mir zweckmässig, den später folgenden speziellen Mittheilungen über die Hieracien-Formen zwei allgemeine Bemerkungen rücksichtlich der massgebenden Prinzipien vorausgehen zu lassen. Die eine betrifft die Werthhaltung eines gegebenen Namens sammt der Autorität des Namengebers; die zweite betrifft die Aenderung einer allgemein angenommenen Benennung zu Gunsten einer frühern.

Die Hieracien-Litteratur leidet, wie diejenige so mancher andern Pflanzengattung, an einem ganz unverhältnissmässigen Namenreichthum. Eine ergiebige Quelle dieses Ueberflusses ist ohne Zweifel die Autoritätenjägerei gewesen. Die Gesetze der Nomenclatur sind ihrer Natur nach so elastisch, dass es bei einiger Geschicklichkeit und nicht mangelndem guten Willen einem neuen Bearbeiter irgend einer artenreichen Gattung nicht schwer fällt, wenigstens einige neue Speciesnamen herauszuschlagen. Ich spreche nicht von neuen Formen, die benannt werden müssen, sei es dass sie früher ganz unbekannt oder mit andern irrthümlich unter dem nämlichen Begriff vereinigt waren, sondern von neuen Namen, zu denen sich der Verfasser durch Erweiterung oder Verengerung der Arten oder durch irgend eine Modification

der Priorität nicht für sie gelten. Wird ja doch die Varietät nicht selten als ein reines Spielzeug der Laune betrachtet. Ichbin überzeugt, dass sich das über kurz oder lang ändern muss, dass die constante Varietät als ein ebenso wichtiger Begriff wie die Species erscheinen wird, als ein Begriff, der die nämliche kritische Sorgfalt beim Studium und die gleiche Berücksichtigung in der Namengebung verdient.

Uebrigens versteht es sich von selbst, dass nicht jeder Varietätenname beibehalten werden kann, wenn man die Varietät zur Art erhebt. Doch dürfte als die einzige strenggültige Ausnahme der Fall zu betrachten sein, wo der nämliche Name schon für eine andere Species verwendet worden ist. Man wird vielleicht einwenden, eine Benennung könne für die Varietät sehr passend, für die Species aber sehr unpassend sein; es können z. B.: die Namen pilosus, glaber, humilis, elatus, parvifolius, grandifolius etc. auf sehr bezeichnende Weise eine Form von den übrigen Varietäten einer bestimmten Art, dagegen auf sehr ungeschickte Weise von allen Arten der nämlichen Gattung unterscheiden. Allein die schlechte Wahl eines Namens darf nie als Grund für dessen Aenderung gelten, sonst wäre der Aenderungen kein Ende; und das kleinere Uebel ist immer bei der strengen Festhaltung der Prioritätsrechte.

Viel weniger Anstand hat die Uebertragung eines Speciesnamens auf die Varietät. Es dürfte nur wenige Fälle geben, wo man einen hinreichenden Grund für eine Namensänderung anführen könnte. Hieracium piloselliforme Hoppe und H. Hoppeanum Schult. wurden im gleichen Jahr benannt (1814). Man giebt gewöhnlich dem Namen piloselliforme die Priorität, und könnte er sie wirklich in Anspruch nehmen, so müsste man auch wohl H. Pilosella piloselliforme sagen, obgleich diese Verbindung unlogisch und übelklingend ist; aber sie sündigt in beiden Beziehungen nicht mehr als Chrysanthemum Leucanthemum und

-aren[1]). Denn Linné hat die Formen unterschieden .d benannt. Im gleichen Jahr, als Jacquin die ge- nnten drei Linnéischen Varietäten zu Arten erhob, nannte amarck die letzte derselben P. grandiflora. Von den anzösischen Botanikern wurde dieser Name adoptirt; und äre er ein Jahr früher gegeben worden, so hätte er nach er gewöhnlichen Ansicht die Priorität. Dieser Prioritäts- reit mit der Inconvenienz des doppelten Namens wäre gar icht möglich, wenn man den allein rationellen Weg gehen nd P. acaulis Lin. sagen würde. — Man hat Hieracium ratense als Varietät zu H. praealtum gestellt und H. raealtum congestum genannt, statt dass man H. prae- ıltum Vill. Var. pratense Tausch sagen sollte[2]). Ebenso wurde mit allzugrosser Licenz H. vulgatum Fr. als H. mu- rorum polyphyllum, ferner H. boreale Fr. als H. sa- baudum lanceolatum aufgeführt statt des allein richtigen H. murorum Lin. Var. vulgatum Fr. und H. sabaudum Lin. Var. boreale Fr. Bei solchen Aenderungen wird nur so viel gewonnen, dass, da das erste Synonym doch aufgeführt werden muss, man nun zwei Namen, statt eines einzigen, sich zu merken hat.

Ueberhaupt wird mit den Varietäten sehr oft so verfahren, als ob sie herrenloses Gut seien und die Gesetze

---

1) Um ganz genau und strenge zu verfahren und um allfälligen Irrthümern beim Nachschlagen zu begegnen, könnte man P. officinalis Lin. *(als Varietät)* schreiben. Doch ist diess in sofern überflüssig, als ja in ausführlicheren Werken immer die vollständigen Citate gegeben werden.

2) Auch hier könnte man behufs grösserer Genauigkeit entweder H. praealtum Vill. Var. pratense Tausch *(als Art)* oder dann H. praeltum Var. H. pratense Tausch schreiben. Doch scheint mir auch diess aus dem nämlichen Grunde eine überflüssige Weitläufigkeit.

namen ohne Rücksicht auf einander feststellte. Hieracium Peleterianum Merat trug ursprünglich den passenden Namen pilosissimum (Pilosella montana pilosissima Vaill.) und wird von den Autoren als Varietät gewöhnlich unter diesem Namen aufgeführt: H. Pilosella pilosissimum. Doch dürfen wir desswegen H. Peleterianum nicht etwa in H. pilosissimum umtaufen, da es schon eine Pflanze dieses Namens giebt. Wir müssen vielmehr, um die Einheit in der Benennung herzustellen, die Pflanze auch als Varietät nur durch H. Pilosella Peleterianum bezeichnen. Wenn man zwar die Piloselloiden als besondere Gattung von Hieracium abtrennt, so könnte man Pilosella pilosissima sagen, ohne mit einer andern Art in Conflict zu kommen. Aber auch in diesem Falle möchte ich das Gesetz der einheitlichen Namengebung über dasjenige der Priorität setzen und Pilosella Peleteriana behalten, weil viele Autoren nach wie vor die Gattung Hieracium ungetrennt lassen werden. Ebenso darf Hieracium Hoppeanum nicht in Pilosella alpina umgewandelt werden, obgleich dieser Name die Priorität hat.

Meine Ansicht geht also dahin, die bisher üblichen Speciesnamen zu behalten und sie nicht etwa frühern Varietätennamen zu opfern, sondern vielmehr diese zu Gunsten von jenen aufzugeben. Dagegen sollten für die Folge die constanten Varietäten nur solche Namen erhalten, die sie auch als Species behalten können, während den nicht constanten Formen eine besondere Benennung in der Regel gar nicht gebührt.

Der Grundsatz, dass ein Name immer der bestimmten Form, welcher er gegeben wurde, verbleiben soll, es mag diese Form systematisch so oder anders gefasst werden, muss auch die weitere consequente Folge haben, dass der beigeschriebene Name des Autors unverändert bleibe, dass somit auch in einer andern Gattung die Species den Namen

ihres Begründers behalte. Leider wird dieses Prinzip bei den Phanerogamen gewöhnlich nicht angewendet; und leider dient der allgemeine Missbrauch dazu, die Zersplitterung der Gattungen fördern zu helfen. Manche Gattung wäre vielleicht zum Nutzen der Wissenschaft unaufgestellt geblieben, wenn nicht jede ihrer Arten dem Autor ein mihi eingebracht hätte.

Nach meiner Ansicht ist das einzig Richtige zu Cirsium acaule, Knautia arvensis, Echinospermum Lappula die Autorität Linné zu setzen und nicht diejenige von Allioni, Coulter und Lehmann[3]). Wenn Pilosella als Gattung von Hieracium abgetrennt wird, so muss man Pilosella aurantiaca Lin., P. cymosa Lin. etc. sagen, weil die Arten H. aurantiacum und H. cymosum von Linné begründet und benannt wurden. In dem gleichen Sinne hat sich neuerlichst auch Fries ausgesprochen. Merat hat der bestimmten Pflanzenform den Namen Peleterianum gegeben. Das Einfachste und wodurch jede Verwechslung am leichtesten vermieden wird, ist es, wenn diese Benennung untrennbar mit ihrem Autor verbunden wird und in jeder Combination unverändert erscheint: Hieracium

---

3) Man kann diesem Grundsatze in verschiedener Weise gerecht werden. Man schreibt entweder Cirsium acaule (Lin.) All., indem man den Autor der Species und den Autor der Vereinigung vom Genus- und Speciesnamen aufführt, oder Cirsium acaule (Lin.), indem man bloss durch ( ) andeutet, es habe Linné die Art in einer andern Gattung gehabt, oder endlich Cirsium acaule Lin. schlechthin. Ich ziehe das Letztere als das Einfachste vor. Der Zweck, warum die Autorität beigesetzt wird, kann allein der sein, Irrthümer zu vermeiden. Sobald man einmal festhält, dass der beigesetzte Autorname bloss der Species gilt und mit der Gattung nichts zu thun hat, so ist es überflüssig, die Beziehung desselben zum Genusnamen noch besonders anzudeuten. Man findet ja in den Citaten ohnehin die zum Nachschlagen nothwendigen Daten.

Peleterianum Merat, H. Pilosella Var. Peleterianum Merat, Pilosella Peleteriana Merat, Pilosella communis Var. Peleteriana Merat.

Die Sucht, mit neuen eigenen Namen die Wissenschaft zu bereichern, nimmt zuweilen auch dann Veranlassung, sich zu befriedigen, wenn eine Art erweitert, verengert oder überhaupt anders gefasst wird. Man argumentirt, die neue Art sei nicht mehr die des frühern Autors, sie müsse also einen neuen Namen erhalten, oder bei gleichbleibendem Namen müsse wenigstens durch die neue Autorität die Aenderung und Verbesserung angedeutet werden. Einige allgemeine Beispiele mögen diess erläutern. Zwei Arten A und B werden in Eine vereinigt, dieser ein neuer Name C gegeben, und ihr die beiden Formen A und B als Varietäten untergeordnet. Eine Art A hat drei Varietäten a, b und c; eine andere hat deren zwei, d und e. Die neue Bearbeitung nimmt die Varietät c bei A weg und stellt sie zu B. Dadurch sind beide Arten in ihrem Umfange verändert worden; und es giebt Bearbeiter, welche sich zu neuen Namen berechtigt glauben, während andere die Namen A und B belassen, aber denselben ihre eigene Autorität beifügen.

Es lässt sich nicht leugnen, dass ein solches Verfahren durch Gründe vertheidigt werden kann. Allein ich halte es dennoch weder für praktisch zweckmässig noch für theoretisch richtig.

Was zuerst die praktische Zweckmässigkeit betrifft, so ist einzuwenden, dass sich keine Grenze angeben lässt, wo die neue Benennung unterbleiben oder eintreten soll. Denn die Veränderung, die der Umfang einer Species erleidet, kann grösser oder kleiner sein. Sie ist sehr gross, wenn 4 Arten in eine einzige vereinigt werden; sie ist ziemlich gering, wenn zu einer Art mit 4 Varietäten eine fünfte hinzukommt. Von der grössten zur geringsten Umfangsänder-

ung, die ein Bearbeiter vornehmen kann, giebt es eine unendliche Abstufung. Es tritt diess nirgends so auffallend hervor wie bei den Hieracien; und wenn die Aenderung des Namens ein einziges Mal gestattet ist, so kann man durch eine Reihe analoger Fälle zu dem consequenten Schlusse kommen, dass jede neue Monographie das Recht hätte, eine Menge neuer Namen in diese Gattung einzuführen. Es scheint mir desswegen das einzig Zweckmässige, den Speciesnamen immer unverändert beizubehalten, auch wenn der Umfang der Species sich ändert. So hat z. B. nach meiner Ansicht mit Unrecht Fr. Schultz (Flora der Pfalz) den Namen Hieracium praealtum Vill. durch H. mutabile ersetzt, weil er die Art etwas weiter fasste.

Ganz das Gleiche gilt für die dem (nicht veränderten) Speciesnamen beizufügende Autorität, indem die nämlichen Gründe gegen eine Aenderung sprechen. Jede neue Bearbeitung der Hieracien müsste sonst der grössern Artenzahl ihre eigene Autorität beisetzen. Es giebt, um gleich die gemeinsten Species zu nennen, kaum zwei Autoren, welche Hieracium Pilosella und H. murorum ganz in dem nämlichen Umfange fassen. Wenn die Autorität zugleich der Begrenzung der Art gelten soll, so dürften wir nicht mehr H. Pilosella Lin., sondern H. Pilosella Fries, oder Grisebach, oder Koch, oder Schultz etc. sagen. Desswegen halte ich es für unzweckmässig, wenn man z. B. zu H. praealtum die Autorität Wimm. et Grab. statt Vill. setzt. Denn eine consequente Durchführung dieses Grundsatzes würde zu der allergrössten Verwirrung führen, weil man, ohne den Autor verglichen zu haben, nie wüsste, ob man es mit der gleichen, nur etwas anders gefassten oder mit einer ganz andern Species zu thun habe, ob z. B. H. murorum mit neuer Autorität die bekannte Pflanzenart mit neuer Umgrenzung oder eine ganz verschiedene Pflanze sei.

Mit dem Bedürfniss der praktischen Zweckmässigkeit

stimmen die Forderungen der Theorie überein. Es steht in theoretischer Beziehung ein doppelter Weg offen. Im einen Fall stellt jeder systematische Begriff (sowohl die Varietät und die Species als die Gattung und die Ordnung) eine abstrakte Einheit dar, zu welcher alle diejenigen Formen gehören, die in gewissen Merkmalen übereinstimmen, oder welche innerhalb einer gewissen Umgrenzung liegen. Diess ist der Standpunkt der Linnéischen oder künstlichen Systematik. Er rechtfertigt die Aenderung der Benennung oder der Autorität, so oft die Diagnose und der Umfang, somit der Begriff der systematischen Einheit geändert wird. Das Hieracium murorum Fries dürfte nicht die Autorität Linne's, auch nicht einmal dessen Namen tragen, denn es ist nur ein Theil der Linnéischen Species; und das H. murorum einiger neuerer Autoren, das nur einen Theil der Friesischen Art ausmacht, müsste abermals umgetauft werden.

Der andere theoretisch mögliche Weg ist der, dass der systematische Begriff nicht eine Abstraktion sein, sondern etwas Concretes darstellen soll, das immer dasselbe bleibt. Der systematische Begriff repräsentirt dann eine bestimmte Form, an die sich andere verwandte Formen in beliebiger Menge anreihen lassen. Diess ist die Auffassung der natürlichen Methode. Hieracium Pilosella Lin. bleibt immer die nämliche Form, die wir auch als H. Pilosella vulgare kennen. Der Name und die Autorität können daher nie geändert werden, mag die typische Form für sich als Species betrachtet, oder mögen ihr noch andere Formen (wie H. Peleterianum, H. Hoppeanum etc.) als Varietäten beigefügt werden.

Die letztere Art der Behandlung halte ich für vielförmige systematische Begriffe als die theoretisch richtigere und praktisch zweckmässigere. Sie stimmt auch eher mit dem Verfahren der bessern Autoren überein. Darnach wäre die Species durch eine typische Varietät, das Genus durch

eine typische Species für immer fixirt. Veränderungen im Umfang und im Charakter würden nie den Namen berühren. Bei der Spaltung einer Art in zwei aber wäre die eine immer schon durch die ihr angehörende typische Varietät der frühern Art als deren Nachfolgerin im Namen bestimmt, während die andere Art den Namen derjenigen Varietät tragen würde, welche zur Trennung Veranlassung gegeben hat. Ganz ebenso würde es sich bei der Spaltung einer Gattung verhalten.

Meine Ansicht bezüglich der Werthhaltung eines gegebenen Namens sammt der Autorität des Namengebers geht also dahin, dass man in beiden Beziehungen nicht strenge genug sein kann, und dass die wirkliche Berechtigung zu einer neuen Benennung nur dann gegeben ist, wenn keine der Formen, die man als natürliche Einheit (Species oder Varietät) zusammenfasst, bisher einen Namen erhalten hat. Nach der namentragenden Form aber, oder wenn es mehrere sind, nach der ältesten derselben muss die Gesammtheit benannt werden. Diess ist der einzige Weg, der sich begründen und der sich zugleich consequent durchführen lässt.

Diese zugleich historische und natürliche Methode werden die beschreibenden Naturwissenschaften noch lange anwenden müssen. Wir sind noch unendlich weit von dem Zeitpunkt entfernt, wo an die Stelle der historischen eine rationelle Benennung treten kann, wie sie etwa die Chemie übt. Versuche wie diejenigen von Karkas-Vukotinovic, welcher alle Speciesnamen grundsätzlich umtauft, und statt Hieracium Pilosella *H. canum*, statt H. Auricula *H. pycnocephalum*, statt H. murorum *H. melanoadenum*, statt H. villosum *H. criniferum*, statt H. umbellatum *H. umbelliforme* u. s. w. sagt, sind offenbar zum mindesten noch sehr verfrüht.

Die zweite Bemerkung gilt der Aenderung eines Namens

zu Gunsten eines frühern. Man wird in dieser Beziehung immer festzuhalten haben, dass der frühere Name gültig ist, und dass er nicht aus irgend einem nichtssagenden Grunde aufgegeben werden darf, ferner dass man nicht über Linné zurückgehen und nie durch vorlinnéischen Namen die spätern ersetzen soll. Mit Rücksicht auf die Gattung Hieracium möchte ich nun zwei Forderungen geltend machen, die nicht immer erfüllt worden sind, und vielleicht auch in andern Gebieten eine grössere Beachtung verdienen. Die eine ist die, dass ein Autor von seiner Zeit und seinem Standpunkte, nicht von unsern Ansichten über die Unterscheidung der Formen aus beurtheilt werden muss: die andere, dass ein einmal allgemein angenommener Name nur dann durch einen frühern ersetzt werden darf, wenn absolute Gewissheit für die Identität der Formen vorhanden ist.

Was die erste Forderung betrifft, so ist zu berücksichtigen, dass die Definition der Formen fortschreitet und sich ändert. Zwei Arten A und B, die Linné unterschieden hat und die man jetzt noch unter dem gleichen Namen unterscheidet, haben nicht selten einen andern Umfang und eine andere gegenseitige Abgrenzung erhalten. Viel häufiger ist es der Fall, dass eine Linnéische Art jetzt in mehrere Arten getrennt ist. In der Gattung Hieracium hat sich der Begriff von der systematischen Form mehr als in irgend einer andern modifizirt. Eine Vergleichung der Formen, die man jetzt unterscheidet, mit denen, die Linné unterschieden hat, ist nicht ausführbar. Man sollte daher in keinem Falle mehr auf diesen Autor zurückgehen, um einen allgemein angenommenen Namen zu verändern. Wir müssen die Namen Hieracium Auricula Lin., H. dubium Lin., H. cymosum Lin., H. sabaudum Lin. etc. in der Bedeutung annehmen, wie sie der Gebrauch nun einmal sanktionirt hat, wenn auch neue kritische Untersuchungen ein von den jetzt massgebenden Ansichten abweichendes Resultat geben sollten.

Erst mit Villars beginnt die neue Zeit für die bessere Erkenntniss der Hieracien-Formen. Erst bei diesem Autor und seinen Nachfolgern ist eine Vergleichung mit den jetzt festgehaltenen Formen möglich. Doch muss auch hier die historische Kritik sich immer noch fragen, in welchem Umfange von jedem einzelnen Autor die Species aufgefasst wurde, da die Trennung der Formen jetzt ziemlich weiter geht als im ersten Viertel dieses Jahrhunderts.

Hinsichtlich der zweiten Forderung, dass ein Name nur durch einen andern ersetzt werden darf, dessen Ansprüche sich mit absoluter Sicherheit nachweisen lassen, müssen mehrfache neuere Aenderungen in der Nomenclatur mit Recht beanstandet werden. Meistens hält man sich für befugt, an die Stelle von etwas zweifelhaftem etwas weniger zweifelhaftes zu setzen. Dabei bedenkt man nicht, dass der zweifelhafte Name, der von Jedermann gekannt und angenommen ist, immer den Vorzug verdient, vor einem andern, wenn dieser auch weniger zweifelhaft ist; der letztere bringt als neue Benennung immer einige Verwirrung hervor und überdem lauft er Gefahr, früher oder später abermals durch einen andern noch weniger zweifelhaften verdrängt zu werden. Desswegen darf eine allgemein adoptirte Benennung nur dann durch eine ältere ersetzt werden, wenn diese eine absolute Gewissheit gewährt und daher von jeder spätern Aenderung sicher ist.

Diese absolute Gewissheit ist aber bei den Hieracien-Formen äusserst schwer beizubringen. Einige wenige allgemein verbreitete Hauptformen sind zwar leicht zu erkennen. Die meisten aber können aus Beschreibung und Abbildung nicht bestimmt werden. Selbst Originalexemplare reichen häufig nicht aus, da die Autoren selbst nicht immer ihrer Pflanzen sicher sind[4]). Ich könnte mehr als ein Bei-

4) „Ab eodem auctore saepe diversarum specierum analogas

spiel anführen, wo die gewiegtesten jetztlebenden Hieracien-Kenner ihre eigenen Arten irrthümlich in fremden Formen zu finden glaubten.

Um eine beschriebene Form sicher zu erkennen, muss man ausser der Beschreibung und Abbildung noch vom Autor auf dem Originalstandort gesammelte Exemplare vergleichen können, oder man muss, wenn nur Beschreibung und Abbildung zu Gebote stehen, den Originalstandort besuchen und sich über alle dort wachsenden Formen durch Autopsie belehren. Aber diese Bedingungen sind höchst selten erfüllt und auch nur selten erfüllbar. Man hält Beschreibung und Abbildung, besonders wenn noch etwa ein vom Autor bestimmtes Exemplar hinzukommt, für genügend, ohne zu bedenken, wie leicht man in einem solchen Falle sich Irrthümern aussetzt.

Desswegen bin ich der Ansicht, dass man sich der einmal gebräuchlichen Nomenclatur anschliessen muss, solange nicht die volle Gewissheit zur Aenderung zwingt. Ich werde mich vorzüglich an die Autorität von Fries halten, welcher nicht nur die ausgebreitetste Kenntniss der Formen besitzt, sondern auch die Schriftsteller mit der grössten Kritik behandelt. Ich werde diess selbst dann thun, wo eine andere Ansicht mir als die wahrscheinlichere sich aufdrängt. Nur wenn ich die vollständigen Beweise für die Aenderung besitze, werde ich mir diese erlauben.

Als Belege dafür, wie schwer es ist, gut beschriebene und gut abgebildete Hieracien-Formen zu erkennen, will ich einige Beispiele anführen. Villars hat auf einer Reise, die er im Jahre 1811 durch die Schweiz machte, auf dem Splügenberg in Graubündten zwei neue Hieracien ent-

---

formas distributas video. Cum hoc accuratissimis Hoppeo et Frölichio accidit, ut specimina coram nobis testantur, quid ab aliis exspectandum?" Fries Symb. XXXIII.

[redacted]

deckt und dieselben in dem Précis d'un voyage botanique Paris 1812 beschrieben und abgebildet. Es sind H. fuscum Vill. und H. acutifolium Vill. Obgleich ich über diese beiden Pflanzen keinen Zweifel haben konnte, so gieng ich doch auf meiner Alpenreise im Jahr 1865 bloss desswegen nach Splügen, um den Originalstandort zu besuchen. Derselbe war, da ich den gleichen Weg machte, leicht zu finden. Von Piloselloiden wachsen daselbst H. Pilosella vulgare, H. Pilosella Hoppeanum, H. Auricula, H. glaciale, H. acutifolium, H. fuscum. Hätte Villars, statt bloss 10 bis 15 Minuten, sich 25 bis 30 Minuten vom Wege entfernt, so würde er auch H. versicolor gefunden haben.

H. fuscum Vill. ist die Mittelform zwischen H. glaciale und H. aurantiacum. Die Pflanze selbst scheint keiner der nachfolgenden Autoren gehabt zu haben. Die meisten glaubten sie in einer kleinen Form von H. aurantiacum zu finden. Fries bestimmte früher das nordische H. Blyttianum als H. fuscum; in der Epicrisis erklärte er letzteres für eine ihm unbekannte Pflanze, die aber wohl eine Varietät von H. aurantiacum sein könnte. C. Schultz Bipont. hielt H. fuscum Vill. für einen Bastard von H. aurantiacum und H. sabinum, und nannte es H. sabino-aurantiacum. Diese Bestimmungen beweisen, dass die Pflanze von Villars den Autoren nicht bekannt war, und dass auch seine ziemlich genauen Angaben über ihre Merkmale nicht im Stande waren, vor Irrthümern zu schützen.

Hieracium acutifolium Vill. ist die Mittelform von H. Pilosella und H. glaciale, und somit nichts anderes als H. sphaerocephalum Froel. Es kommt einem fast unglaublich vor, dass diese ziemlich gut beschriebene, mit

Standortsangaben versehene[5]) und durch eine gute Abbildung illustrirte Pflanze (ich habe Exemplare sowohl vom Splügenberg als von andern Alpen, die als Originalien für die Zeichnung von Villars gedient haben könnten) von keinem einzigen Autor erkannt wurde, obgleich sie auf den Alpen nicht selten ist und in allen Herbarien sich findet, und obgleich es auf Alpenwaiden keine zweite gelbblühende Art mit der gleichen (furkaten) Verzweigung giebt.

Der Grund dieser auffallenden Erscheinung scheint mir einmal in der unpassenden, wenn auch nicht geradezu unrichtigen Benennung acutifolium und ferner darin zu liegen, dass Villars seiner Pflanze kleine Köpfe (petites fleurs) zuschreibt, während die Köpfe in Wirklichkeit unter allen Piloselloiden die Bezeichnung ansehnlich oder ziemlich gross verdienen. Doch giebt die Abbildung dieselben ziemlich grösser als bei H. glaciale (H. angustifolium), und in der Beschreibung sagt Villars: „trois ou quatre petites fleurs de deux décimètres environ". Nun sind aber 2 Decimeter grosse Köpfe unter den Piloselloiden schon ansehnlich zu nennen und H. sphaerocephalum hat sie in der That nie grösser.

De Candolle machte in der Flore française (1815) [redacted]

Gaudin (1829) führte H. acutifolium mit Fragezeichen als Synonym bei H. piloselloides auf. Die übrigen schweizerischen Botaniker, ebenso die deutschen (z. B. Koch, Reichenbach etc.) erwähnen das Synonym von Villars gar nicht. Fries zog in den Symbolae (1848) H. acutifolium wie Gaudin als fragliches Synonym zu H. florentinum (H. pilloselloides), später gab derselbe Autor im Herb. norm. ein H. acutifolium Vill. aus, welches weder in den Merkmalen noch im Vorkommen zu der Pflanze von Villars passt und von Fries später als H. floribundum Wimm. erklärt wurde. In der Epicrisis (1862) erlaubte er sich über die Pflanze von Villars kein Urtheil.

Grisebach glaubte, dass H. acutifolium Vill. identisch sei mit H. brachiatum Bert. In der That giebt es kleine Formen des letztern, welche dem H. acutifolium ähnlich sehen. Aber der Mangel der Ausläufer bei der Villars'schen Pflanze, die Grösse der Köpfe und vor Allem die Verbreitung derselben mussten Bedenken erregen. H. brachiatum (Mittelform zwischen H. Pilosella und H. praealtum) ist eine Pflanze der Ebene. Daher führt auch Grisebach keinen der Standorte von Villars auf. Sendtner (1854) und Reichenbach fil. (1860) folgten der Autorität Grisebach's.

Fr. Schultz (recherches sur la synonymie des Hieracium in den Archives de Flore 1854) citirt H. acutifolium Vill. als Synonym zu dem hybriden H. Auriculo-fallax F. S. = H. Auriculo-collinum F. S., wofür er die Pflanze im Herb. norm. von Fries hält. Diese Ansicht hielt Fr. Schultz auch später noch fest, als er die Beschreibung und die Abbildung von Villars in den Archives de Flore II. p. 146 wieder publizirte, obgleich weder in den Merkmalen noch in der geographischen Verbreitung von H. acutifolium Vill. der geringste Anhalt für eine solche Deutung gegeben ist.

Durch meinen bereits erwähnten Besuch des Villars'schen Standortes im Sommer 1865 ist die Frage über die Bedeutung von H. acutifolium Vill. erledigt, und es hat auch Fries diese Entscheidung in den neulich (am Schlusse des Jahres 1865) gedruckten Hieracia europaea exsiccata angenommen, doch in einer Form, die mir nicht gerechtfertigt erscheint. Derselbe sagt bei Pilosella sphaerocephala Froel. „Vulgo obtusifolium, at variat foliis acutis quod H. acutifolium Vill.“. Sonach sollte es zwei Varietäten von H. sphaerocephalum geben und die eine davon die Pflanze von Villars sein. Nun giebt es aber in der That nicht zwei Varietäten. Die Blätter sind zwar bald breiter bald schmäler, bald stumpfer bald spitzer, aber in so manigfaltiger Ausbildung und Combination, dass man nicht zwei Formen unterscheiden kann. Im Ganzen sind die kleinern Exemplare, wie auch Villars eines abgebildet hat, mehr schmal- und spitzblättrig. An der nämlichen Pflanze sind gewöhnlich die untersten Blätter der Rosette mehr stumpf, die obersten mehr spitz. Auf dem Villars'schen Standorte (Splügenberg) kommen so breit- und stumpfblättrige Exemplare vor, als sie überhaupt gefunden werden. H. acutifolium Vill. ist also nicht ein Theil, sondern das

[redacted]

dürfte wenige Namen verschont lassen. Ich will nur ein Beispiel, statt eines Duzend, aus der Hieracien-Welt anführen. Linné sagt in den Diagnosen von H. Auricula „foliis lanceolatis“, und er giebt demselben auch „folia lanceolata acuta“. Diess charakterisirt die nordische Pflanze ganz gut, aber für die mittel- und südeuropäische Pflanze passt es viel weniger, als die nämlichen Merkmale für H. sphaerocephalum passen. Von H. Auricula können wir mit Grund zwei constante Varietäten annehmen, aber die Kritik würde gewiss zu weit gehen, wenn sie den Linné-schen Namen H. Auricula bloss für die schmalblättrige Form gelten lassen und für die Art einen neuen Namen aufstellen oder einen später aufgestellten adoptiren wollte.

Als ein ferneres Beispiel dafür, wie leicht Hieracien-Formen verwechselt werden, mag H. stoloniflorum W. Kit. dienen. Diese Pflanze wurde im Jahre 1812 von dem Autor gut beschrieben und gut abgebildet und auch durch den Standort „in montosa parte Croatiae“ charakterisirt (Plant. rarior. Hungar.). Die ungarische Pflanze ist in den Pflanzensammlungen äusserst selten. Ausser einigen Exemplaren, die sich in den Wiener- und andern österreichischen Herbarien befinden, habe ich nur ein Exemplar in dem Berliner-Herbarium gesehen. Dieses ist „auf der Ruszka bei Ruszberg, 3000′“ gesammelt; es entspricht genau der Beschreibung und Abbildung W. Kitaibel's. Ganz die gleiche Pflanze fand ich im Sommer 1865 auf den bayerischen Voralpen bei 3500′.

H. stoloniflorum W. Kit. ist halb-rothblühend; „Corollulis interioribus amoene flavis, exterioribus supra profunde aurantiis, extimis subtus purpureis“. Es ist eine Gebirgspflanze und hält sich an den Verbreitungsbezirk von H. aurantiacum, zwischen welchem und H. Pilosella es die Zwischenform darstellt. Trotzdem haben alle Autoren den W. Kitaibel'schen Namen auf eine gelbblühende

Pflanze der Ebene übertragen; und zwar sind anfänglich verschiedene gabelspaltige Formen, zuletzt aber einstimmig die Mittelform zwischen H. Pilosella und H. pratense mit dem Namen H. stoloniflorum bezeichnet worden. Diese Form ist der W. Kitaibel'schen Pflanze allerdings habituel sehr ähnlich. Allein die totale Verschiedenheit wird sogleich deutlich, wenn man das H. stoloniflorum der Autoren, das in der bayerischen Hochebene in Gesellschaft von H. Pilosella und H. pratense wächst mit dem H. stoloniflorum W. Kit. vergleicht, welches auf den bayerischen Alpen zugleich mit H. Pilosella und H. aurantiacum vorkommt. Diese Verschiedenheit hat auch Fries gefühlt, als er die ächte W. Kitaibel'sche Pflanze in dem Berliner Herbarium untersuchte; denn er schrieb dazu: „Ad H. stoloniflorum spectat, sed neutiquam bonum et characteristicum".

Der Irrthum, dass man das rothblühende H. stoloniflorum W. Kit. in einer gelbblühenden Pflanze zu finden glaubte, entsprang aus dem andern Irrthum, dass man die Blüthenfarbe bei den Hieracien für variabel hielt. Man kannte die halbrothen Piloselloiden lange, ehe man die Zwischenformen als besondere Arten unterschied, und stellte

[redacted]

s ich nicht durch Autopsie kenne, masse ich mir kein
theil an; aber was das Verhalten der Blüthenfarbe der
loselloiden in Süddeutschland und in den Alpen be-
fft, so ist die Behauptung von Fries ganz gewiss un-
htig. Im Gegentheil, es giebt kein constanteres Merkmal
die Farbe der Blüthen. Bei H. aurantiacum variirt
selbe gar nicht. Ebenso giebt es keine einzige gelb-
ühende Piloselloiden-Form, welche mit rothen Blüthen
änderte. Die halbrothen oder zweifarbigen Blüthen (in
annigfaltigen Abstufungen) kommen ausschliesslich bei den
rischenformen zwischen Hieracium aurantiacum und
n gelbblüthigen Arten vor. Diese Zwischenformen ent-
rnen sich aber nicht bloss durch ihre halbrothen Blüthen,
ndern auch durch die andern Merkmale von H. auran-
iacum, und wenn man sie als Varietäten dieses letztern
etrachtete oder noch betrachtet, so liegt die Ursache ledig-
ch daran, dass man die Pflanzen nicht genau genug,
amentlich auf die Behaarung untersuchte[6]).

Während man Hieracium stoloniflorum W. Kit.
rthümlich auf die Mittelform zwischen H. Pilosella und
I. pratense übertrug, wurden in den deutschen und den
chweizer-Alpen einige Formen gefunden, die wenn auch
icht genau identisch mit der W. Kitaibel'schen Pflanze
ind, doch derselben sehr nahe kommen. Sie gehören eben-
alls den Zwischenformen von H. Pilosella und H. auran-

---

6) Das eben Gesagte hat ganz gewiss allgemeine Gültigkeit für
lie Alpen. Beweis hiefür sind die hieher gehörigen Pflanzen, die
ch vielleicht in grösserer Menge als irgend ein Anderer in der
atur beobachtet und gesammelt habe, so wie auch die Exemplare
nderer Sammler, die ich gesehen. Wenn Fries das H. auran-
iacum optimum ligulis flavis et croceis besitzt, so kann es nicht
us den Alpen herstammen; vielleicht, dass die Art im Norden sich
nders verhält als bei uns.

tiacum an und sind spezifisch nicht von jener zu trennen. Sie haben verschiedene Namen erhalten, wie H. Moritzianum Hegetschw., H. Piloselli-aurantiacum Näg., H. Hausmanni Rchb., H. nutans Holler, H. versicolor Fr., H. Sauteri C. Schultz Bip.

Das Resultat der Untersuchung ist also folgendes. Hieracium stoloniflorum W. K. ist die halbrothblühende Gebirgspflanze, die mit H. aurantiacum gemeinsam vorkommt. Das H. stoloniflorum der Autoren ist die gelbblühende Pflanze der Ebene, welche dem Verbreitungsbezirke von H. pratense angehört; der älteste sichere, nicht anderweitig verwendete Name für die letztere dürfte wohl H. flagellare Rchb. sein.

Unter allen Zwischenformen der Hieracien gehören die gabelästigen Piloselloiden zu den ausgezeichnetsten. Unter den letztern aber können zwei, nämlich H. acutifolium Vill. und H. stoloniflorum W. Kit. am wenigsten mit den andern verwechselt werden, da beides Gebirgspflanzen sind und die eine überdem die einzige halbrothblühende furcate Form ist. Wenn trotzdem diese beiden, wie ich gezeigt habe, von allen Autoren verkannt und in andern Formen gesucht wurden, so ist uns diess ein Be-

[redacted]

29. Die Theorie der Capillarität.

(Vorgetragen den 5. Mai 1866.)

In den beiden vorhergehenden Mittheilungen über das Sinken des capillaren Niveau's unter der Luftpumpe wurde gezeigt, dass diese Erscheinung mit der Verdunstung zusammenhängt, dass aber die Spannung der sich bildenden Dämpfe zur Erklärung nicht ausreicht, und dass daher noch andere in der Flüssigkeit befindliche Ursachen aufgesucht werden müssen. Ich will heute noch Einiges betreffend diese innern Ursachen beifügen.

Die Thatsachen, welche die Dampfspannung mehrmals als ungenügend für die Niederdrückung des capillaren Niveau's erscheinen liessen, waren folgende:

1. Das Sinken der Flüssigkeit in der Capillarröhre war unter gewissen Verhältnissen so stark, dass dafür die volle Spannkraft der Dämpfe bei der gegebenen Temperatur erfordert würde, in einigen wenigen Fällen selbst so gross, dass diese volle Spannkraft nicht einmal ganz ausreichte (indem das Niveau noch 10—20 M.M. tiefer stand). Nach eigens dafür angestellten Versuchen mit Oelmanometern entwickelte die Verdunstung über dem Meniscus der nämlichen Capillarröhren bei dem gleichen Barometerstand und der gleichen Temperatur nur $^3/_4$ der vollen Spannkraft.

2. Als mittelst zweier Oelmanometer, die in verschiedenen Abständen über dem capillaren Niveau angebracht waren, die Kraftlinie dargestellt und bis zur Ordinate des Punktes, der dem herabgedrückten Niveau entsprach und die Grösse der Herabdrückung angab, verlängert wurde, so zeigte sich, dass in mehreren Fällen diese Ordinate um eine beträchtliche Grösse über die Kraftlinie hinausragte.

Diese ausserordentliche, das Maass der Dampfspannung überschreitende Herabdrückung der capillaren Wassersäule trat aber, wie angegeben wurde, nur in besonderen Fällen ein. In andern, ja in den meisten Fällen sank dieselbe nicht einmal so tief, als man nach dem Druck der Dämpfe erwarten sollte. Es wirken also ausser dieser mechanischen Kraft noch innere Ursachen mit, welche dieselbe bald unterstützen, bald theilweise aufheben; oder es ist die Capillarkraft unter verschiedenen Verhältnissen bald grösser, bald kleiner als im normalen Zustande.

Einigen Aufschluss über diese Abweichungen giebt uns die nähere Betrachtung der Umstände, unter denen dieselben erfolgen. Ich habe bereits früher darauf aufmerksam gemacht, dass die Flüssigkeitssäule in Capillarröhren nicht immer den gleichen Grad der Beweglichkeit zeigt. Namentlich lässt sie, einmal zur Ruhe gekommen, eine gewisse Unbeweglichkeit deutlich wahrnehmen. Das Niveau bleibt dann regungslos, auch wenn die äussern Umstände sich so verändern, dass sie sonst einen andern nicht allzufern liegenden Stand bedingen würden. Die verschiedenen Thatsachen, welche hiefür als Beweis dienen sind folgende:

[redacted]

capillare Niveau auf einen sehr niedern Stand gebracht hat und nun das Pumpen ganz einstellt. Durch die in die Räume der Luftpumpe langsam eindringende Luft vermehrt sich allmählig die Spannung und fängt das Barometer an zu steigen. Trotzdem hebt sich die capillare Wassersäule nicht, wenn sie nämlich vorher durch langsames Pumpen zur Ruhe gekommen ist. Sie sinkt im Gegentheil noch äusserst langsam und zwar genau um so viel, als durch die noch immer lebhafte Verdunstung weggeführt wird.

Um den Vorgang deutlicher zu machen, will ich aus unsern Versuchen ein bestimmtes Beispiel anführen. In einer Capillarröhre, deren normale Steighöhe 99 M.M. betrug und die mit zwei Manometern versehen war, gieng in Folge des Auspumpens bei $8^{1}/_{2}{}^{0}$ C. das Niveau auf 15 M.M. hinab. Die beiden Oelmanometer [1]) standen 104 und 70 M.M. hoch. Nun wurde das Pumpen eingestellt. Während der folgenden 30 Minuten stieg das Barometer von 2 auf 3,5 M.M., die beiden Manometer sanken auf 77 und 49 M.M., und die capillare Wassersäule verkürzte sich von 15 auf 1 M.M. Der Stand des capillaren Niveau's war beim Unterbrechen des Pumpens schon tiefer als er in Folge der aus den Manometerständen berechneten Dampfspannung sein sollte, und er gieng trotzdem, dass diese Dampfspannung in den folgenden 30 Minuten, wie die Manometer anzeigten, sich noch mehr verminderte, noch um 14 M.M. tiefer.

In der gleichen Capillarröhre sank bei einem zweiten Versuch nach dem Unterbrechen des Pumpens in 30 Minuten von 13 auf 3 M.M., während die beiden Manometer von 112 und 79 M.M. auf 77 und 49 M.M. und das Barometer von 2 auf 3 M.M. ging. Bei einem dritten Versuch erniedrigte sich abermals in 30 Minuten das capillare Niveau

---

1) Vgl. Fig. 3 der Mittheilung vom 21. April.

von 18 auf 1 M.M., indess die beiden Manometer von 112 und 77 M.M. auf 94 und 60 sanken und das Barometer von 1,5 auf 2,5 M.M. stieg. — Ich erwähne noch eines Versuches mit der nämlichen Röhre, der sich auf andere Manometer- und Barometerstände bezieht. Die beiden Manometer zeigten nämlich anfänglich 66 und 38 M.M., das Barometer 5 M.M., erstere gingen während 20 Minuten langem Stehenlassen der Luftpumpe auf 46 und 22½ M.M. hinab, letzteres auf 6 M.M. hinauf. Dabei sank das Niveau von 43 auf 39 M.M.

Zu diesen Beobachtungen bemerke ich noch, dass die capillare Wassersäule nach dem Einstellen des Pumpens sich ziemlich genau um so viel verkürzte, als sie in Capillarröhren von gleicher Weite, die unten verschlossen sind, bei gleicher Temperatur, gleichen Barometer- und Manometerständen und gleichen Längen der Abflussröhren durch Verdunstung verliert. Uebrigens ist, wie sich von selbst versteht, der Verlust anfänglich etwas grösser als später; er vermindert sich mit der Zeitdauer. Diese Verkürzung der Capillarröhre durch Verdunstung unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Sinken, das unter der Luftpumpe, eintritt, sehr auffallend durch seine grosse Langsamkeit, so dass es nicht unmittelbar

[redacted]

Dieselbe bleibt während längerer oder kürzerer Zeit entweder ganz unbeweglich oder sinkt ganz langsam in Folge der Verdunstung; dann geht sie ziemlich rasch eine Strecke weit hinauf. Nach einer Pause, während welcher sie abermals in Ruhe blieb, steigt sie wieder und wiederholt diese periodische Bewegung nach oben noch mehrmals. Während also das Barometer langsam steigt und die Manometer, insofern solche an der Capillarröhre angebracht sind, langsam sinken, nähert sich das Niveau seinem normalen Stand ruckweise mit längern oder kürzern Intervallen. Ein der Abnahme der Dampfspannung entsprechendes langsames und stetiges Steigen wird durchaus nie beobachtet.

Es ist überflüssig, in Einzelheiten einzutreten und besondere Fälle anzuführen, da nach den Verhältnissen die Erscheinungen sich äusserst verschiedenartig gestalten. Bald macht das Niveau wenige und beträchtliche, bald zahlreichere und kleinere Steigbewegungen. Die Temperatur, die Röhrenweite und die raschere oder langsamere Zunahme der Spannung im Innern der Luftpumpe sind die bedingenden Factoren.

4. Bei diesem ruckweisen Steigen der capillaren Säule kommt es ganz gewöhnlich vor, dass die normale Steighöhe zulezt nicht erreicht wird. Nur wenn durch plötzliches Lufteinlassen der volle Druck der Atmosphäre momentan hergestellt wird, steigt das Niveau auf seinen urspünglichen Stand. Sonst bleibt es, je nach den Umständen, in geringerer oder grösserer Entfernung unterhalb desselben, und es gewinnt hier einen solchen Grad der Unbeweglichkeit, dass selbst der plötzliche Stoss der eintretenden Atmosphäre es nicht von der Stelle bringt. Ich hebe aus unsern Versuchen folgende Thatsachen heraus.

Das Niveau einer Capillarröhre, deren normale Steighöhe 120 M.M. betrug, war nach dem Sinken wieder auf 110 gestiegen und blieb daselbst stehen. Als das Barometer auf 9 M.M. stand, wurde plötzlich Luft eingelassen; das Ni-

veau rührte sich nicht. Temperatur 4° C. — In einer andern Capillarröhre, deren normale Steighöhe 150 M.M. war, stieg das Niveau, nachdem es bis auf 0 gesunken, auf 110 M.M. Das Eintreten von Luft brachte es auf 120 M.M. Es wurde nun einige Male bis auf einen ziemlich tiefen Barometerstand (etwa 20 M.M.) ausgepumpt, wobei ein Sinken noch nicht eintreten konnte, und dann plötzlich die volle Atmosphäre zugelassen. Das Niveau blieb unbeweglich. Temperatur 15° C. — Eine dritte Capillarröhre mit einer normalen Steighöhe von 163 M.M. wurde bei einem Barometerstand von 4,5 M.M. erst in Wasser getaucht; dasselbe stieg ununterbrochen auf 139 M.M. und blieb hier. Es wurde nun wenig Luft eingelassen, so dass das Barometer auf 90 M.M. stand. Dann wurde die volle Atmosphäre eintreten gelassen, ohne dass das Niveau sich bewegte. Es wurde nun drei Mal die Luftpumpe bis auf etwa 20 M.M. Barometerstand entleert, und dann plötzlich der vollen Atmosphäre Zutritt gestattet. Die beiden ersten Male ohne Erfolg; das dritte Mal stieg das Niveau von 139 auf 157 M.M. Temperatur 5° C.

Der erste Eindruck, den die unter 3 und 4 geschilderte höchst bemerkenswerthe Erscheinung auf den Beobachter macht, ist die, es gebe gewisse Stellen in der Capillarröhre, über welche das Niveau schwer hinweggehe, wo es gleichsam hängen bleibe. Man könnte vermuthen, dass daselbst sich ein mechanisches Hinderniss als kleines Stäubchen befinde, oder dass die Glaswandung durch anhängende (z. B. fettartige) Substanzen eine andere Beschaffenheit habe, oder dass das Lumen eine etwas andere Form zeige und daher einen andern Krümmungshalbmesser des Meniscus bedinge. Allein die beiden ersten Vermuthungen werden desswegen unwahrscheinlich, weil zu unsern Versuchen nur frisch ausgezogene Röhren, welche also glühend gemacht worden, angewendet wurden. Gegen die erste und letzte Vermuthung

spricht ferner der Umstand, dass bei der mikroskopischen Untersuchung weder solche Formverschiedenheiten des Lumens, wie sie vorausgesetzt werden müssten, noch fremde Körper beobachtet wurden.

Geradezu unmöglich werden diese Erklärungen aber durch den Umstand, dass, wenn man mit der gleichen Glasröhre den Versuch wiederholt, die Punkte, wo das Niveau für längere oder kürzere Zeit hängen bleibt, nicht mehr die nämlichen sind, wie früher. Es ergiebt sich bei fortgesetzten Versuchen, dass eigentlich jeder Punkt in einer Capillarröhre die Fähigkeit hat, das Steigen oder Fallen der Wassersäule aufzuhalten, mit andern Worten, dass diese Erscheinung unabhängig von der Form und Beschaffenheit der Röhre sein muss.

Untersucht man ferner Capillarröhren, in denen sich das Niveau an gewissen Stellen sehr unbeweglich gezeigt hat, in denen dasselbe z. B. 30—40 M.M. unter der normalen Steighöhe festgeblieben ist, auf anderm Wege, so ergiebt sich, dass die Wassersäule ihre gewöhnliche und gleichmässige Beweglichkeit besitzt. Bei schwachem Schaukeln in horizontaler Lage bewegt sie sich, einmal in Bewegung gerathen, mit Leichtigkeit hin und her. Eine Neigung von wenigen Graden, somit das Gewicht einer sehr kurzen Wassersäule (auf verticale Erhebung bezogen) genügt dann, um das Niveau über diejenigen Punkte wegzuführen, wo es früher stecken blieb. Es zeigt sich dabei überhaupt, dass alle Querschnitte der Röhre sich rücksichtlich der Wiederstände, die sie der Verschiebung der Wassersäule darbieten, gleich verhalten.

Die angeführten Thatsachen beweisen, dass die capillare Flüssigkeitssäule, wenn sie zur Ruhe gelangt ist, eine geringe Beweglichkeit besitzt. Es ist noch zu bemerken, dass diese Eigenschaft um so mehr zunimmt, je enger die Capillarröhre wird; und dass es bei sehr engem Lumen oft eines sehr

bedeutenden Druckes bedarf, um die Flüssigkeitssäule wieder in steigende oder sinkende Bewegung zu setzen.

Ich habe in der ersten Mittheilung (vom 10. März) angegeben, dass in Capillarröhren von 0,002—0,001 M.M. Durchmesser der Wassermeniscus Tage lang einen Druck von 3—4 Atmosphären aushielt, während die Capillarkraft nur $1\frac{1}{2}$—3 Atmosphären beträgt. Diese Thatsache liess sich aus den gewöhnlichen Capillaritätserscheinungen nicht herleiten. Sie findet ihre Erklärung in der relativen Unbeweglichkeit des capillaren Niveau's. Sie zeigt uns, dass eine Röhre, die bloss $\frac{1}{500}$ M.M. weit ist, schon einen Druck von mehr als einer Atmosphäre über die gewöhnliche Capillarkraft hinaus ertragen kann. Hieraus dürfte wohl der Schluss gezogen werden, dass mit der Abnahme des Röhrendurchmessers die Widerstandsfähigkeit der ruhenden Wassersäule in steigender Progression zunimmt[2]).

Die nächste Frage ist nun, wodurch diese Unbeweglichkeit bedingt werde. Zunächst bietet sich die Vermuthung dar, dass es das allgemeine Beharrungsvermögen der Masse sei, unterstützt durch die Reibungswiderstände an der Glas-

---

[redacted]

wand. Dem widersprechen aber verschiedene Thatsachen, welche zeigen, dass die eigenthümliche Widerstandsfähigkeit nicht in der ganzen Wassersäule, sondern blos in dem Meniscus ihren Sitz hat. Es sind besonders folgende zwei Thatsachen.

1) Bei den vorhin erwähnten Versuchen, wo Capillarröhren von 0,002 M.M. Weite nicht bloss die dieser Weite entsprechende Capillarkraft von 1 1/2 Atmosphären, sondern eine Kraft von 3 Atmosphären entwickelten, war die capillare Wassersäule sehr kurz (nicht über 1—2 Zoll lang). Es konnte also die Widerstandsfähigkeit nur in dem Meniscus liegen.

2. Wenn in einer Capillarröhre die Wassersäule unterbrochen ist, so nimmt die Unbeweglichkeit derselben mit der Zahl der Unterbrechungen zu (Experiment von Jamin). Ist sie z. B. in 10 Partieen getrennt, so hat sich ihre Masse und ihre Reibungsfläche nicht verändert; aber statt 2 sind nun 20 Menisken vorhanden. Da alles übrige gleich geblieben ist, so können sie allein die Ursache der grössern Unbeweglichkeit sein.

Die weitere Berücksichtigung der Thatsachen ergibt zugleich, dass die gesteigerte Widerstandsfähigkeit nur dem in Ruhe befindlichen Meniscus zukommt. Alle oben mitgetheilten Beobachtungen bezogen sich auf ruhende capillare Wassersäulen. Der beste Beweis dafür liegt in der Thatsache, dass es einer grössern Kraft bedarf, um eine stillstehende Wassersäule aufwärts oder abwärts zu bewegen, als um einer im Sinken oder Steigen begriffenen die entgegengesetzte Bewegung mitzutheilen.

Den Unterschied zwischen dem in Ruhe und dem in Bewegung befindlichen Meniscus können wir in zwei Momenten suchen, in der äussern Form und in der innern Beschaffenheit. Rücksichtlich der Form lässt sich mit Grund annehmen, dass dieselbe im Zustand der Ruhe und der Be-

wegung nicht die nämliche ist. Wenn der stillstehende Meniscus eine halbkugelige Gestalt hat, so muss der steigende sowie der sinkende sich etwas von derselben nach der Ellipse hin entfernen. Aber welche Verschiedenheiten auch hierin bestehen mögen, so lässt sich doch leicht zeigen, dass sie nicht die Ursachen der ungleichen Beweglichkeit sein können. Die stärkere oder schwächere Krümmung des Meniscus muss die Capillarkraft vermehren oder vermindern. Nun unterscheidet sich aber der ruhende Meniscus von dem in Bewegung befindlichen nicht etwa durch grössere oder geringere Capillarkraft, sondern durch eine grössere Widerstandsfähigkeit sowohl gegen Steigen als gegen Sinken. Mit Rücksicht auf den Druck von oben wirkt er wie eine gesteigerte, mit Rücksicht auf den Druck von unten wie eine geschwächte Capillarkraft. Wenn daher, wie es theoretisch angenommen werden muss, die Menisken der steigenden, der sinkenden und der ruhenden Capillarsäule ungleiche Krümmungen besitzen und demzufolge eine ungleiche Capillarkraft entwickeln, so sind diese Differenzen im Vergleich mit der eigenthümlichen Widerstandsfähigkeit des ruhenden Meniscus gegen jede Bewegung verschwindend klein.

Als Ursache dieser Erscheinung bleibt uns somit bloss die innere Beschaffenheit des Meniscus. Diese kann aber nur in der grössern oder geringern Beweglichkeit der kleinsten Theilchen und in ihrer verschiedenen Anordnung gesucht werden. Es ist nun unzweifelhaft, dass die Wassertheilchen des Meniscus, wenigstens gewisse Partieen desselben mit dem Meniscus selbst aus dem Zustand der Ruhe in den der Bewegung übergehen und gewisse Verschiebungen zeigen, oder dass sie, wenn sie schon in Bewegung waren, ihre Bewegungen vermehren. Zugleich werden auch die gegenseitigen Stellungen und somit der Gesammteffekt der molecularen Kräfte verändert.

Auf befriedigende Weise scheint mir diese Frage nur durch

[redacted]

die Theorie von Clausius über die Natur der Flüssigkeiten[8]) gelöst werden zu können. Die kleinsten Theilchen oder Molecüle, welche im festen Zustande um eine bestimmte Gleichgewichtslage vibriren, wälzen sich im flüssigen Zustande durch einander, indem sie nicht bloss eine vibrirende, sondern auch eine rotirende und fortschreitende Bewegung zeigen. Die Bewegung ist aber nicht so gross, dass die Molecüle aus einander getrieben werden; dieselben kommen nicht aus den Sphären der gegenseitigen Anziehung heraus, wie das beim Uebergang in den gasförmigen Zustand der Fall ist; in Folge ihrer fortschreitenden Bewegung verändern sie bloss ihre Orientirung und ihre Umgebung.

Wasser und Eis unterscheiden sich also dadurch von einander, dass bei ersterem die Theilchen sich nach allen Richtungen durch einander bewegen, bei letzterem ihre gegenseitige Lage und Orientirung nicht verlassen. Im Wasser selbst muss die Bewegung der Theilchen mit der steigenden Temperatur lebhafter werden.

Es handelt sich nun darum, wie die Bewegungen der Molecüle an der freien Wasseroberfläche sich gestalten. Von den letztern stossen in jedem Zeitmoment manche gegen die freie Fläche, und treten auch mehr oder weniger über dieselbe vor; sie werden aber, abgesehen von denjenigen, die als Gas sich von dem Wasser trennen, durch die Attraction der benachbarten Molecüle wieder in die Masse zurückgezogen. Wenn die glatte Wasserfläche mit hinreichender Vergrösserung beobachtet werden könnte, müsste sie demnach das Ansehen eines wogenden und brandenden Meeres darbieten.

Die Theilchen, welche senkrecht gegen die Oberfläche stossen und wieder zurückkehren, müssen zuerst ihre Be-

8) Pogg. Ann. 1857. X p. 360.

wegung verlangsamen, dann stille stehen und allmählich in eine entgegengesetzte Bewegung übergehen. Für alle übrigen, die unter schiefen Winkeln gegen die Oberfläche treffen, gilt das Nämliche bezüglich der zur Oberfläche rechtwinkligen Componente ihrer Bewegung. Die mittlere Geschwindigkeit aller dieser Molecüle wird also vermindert. Von der Gesammtheit der an der Oberfläche befindlichen Theilchen bewegt sich die eine Hälfte nach aussen, um nächstens wieder umzukehren; die andere Hälfte bewegt sich nach innen, indem sie auf der Rückkehr begriffen ist. Die Molecular-Bewegungen an der freien Oberfläche einer Flüssigkeit sind also nothwendig weniger lebhaft als im Innern derselben.

In Folge der verminderten Bewegung an der freien Fläche der Flüssigkeit können ihre daselbst befindlichen Theilchen sich mehr, als diess sonst der Fall ist, so anordnen, wie es ihre anziehenden und abstossenden Kräfte verlangen. Sie werden zwar nicht die gegenseitigen Stellungen annehmen, die sie im Eis zeigen. Aber da sich die Molecularkräfte ungehemmter geltend machen können als im Innern der Flüssigkeit, so müssen die Molecüle immerhin das Bestreben zeigen, sich in Schichten anzulagern, welche mit der Oberfläche parallel sind, ein Bestreben, das je nach den Umständen sich in grösserem oder geringerem Grade geltend machen wird. Dadurch wird das Flüssigkeitshäutchen gebildet.

Die Molecüle dieses Häutchens, deren anziehende und abstossende Kräfte mehr in Action treten und eine günstigere, mehr dem Gleichgewichtszustande sich nähernde Anordnung bedingen, müssen auch einer Verschiebung einen grössern Widerstand entgegensetzen als die Molecüle im Innern der Flüssigkeit. Das Häutchen erlangt dadurch eine gewisse Festigkeit, welche mit der Zähigkeit des halbflüssigen Zustandes verglichen werden kann. Sie ist, da die Theilchen ihre Verschiebbarkeit nicht verloren sondern nur vermindert

haben, von der spröden Starrheit des Eises vollkommen verschieden.

Eine ähnliche Veränderung wie an der freien Oberfläche müssen die Molecüle auch da erfahren, wo die Flüssigkeit an einen festen Körper grenzt, den sie benetzt. Die Anziehung der unverrückbaren Theilchen der Wand vermindert die Bewegungen der Flüssigkeitstheilchen und hat das Bestreben, sie in Schichten, die mit der Oberfläche der Wand parallel sind, anzulagern. Es bildet sich also auch hier ein Flüssigkeitshäutchen von zäher Beschaffenheit.

Man nimmt gewöhnlich an, dass die Flüssigkeitsschicht, welche unmittelbar an den festen Körper, z. B. an die Glaswand anstösst, wegen der grössern Anziehung zwischen Glas und Wasser dichter sei, und dass diese Dichtigkeit mit der Entfernung von der Wand rasch abnehme. Diese Annahme scheint mir aber nicht nothwendig. Das Eis nimmt ein grösseres Volumen ein als das Wasser vor dem Gefrieren[4]) und beweist uns, dass der Uebergang des flüssigen Molecularzustandes zu einer festern Vereinigung nicht nothwendig mit einer Dichtigkeitszunahme verknüpft ist. Dem entsprechend könnten auch die Wassertheilchen in dem Oberflächenhäutchen einen eben so grossen oder selbst einen etwas grössern Raum einnehmen als in der übrigen Flüssigkeit.

---

4) Um diese Erscheinung zu erklären, kann man sich die Wassertheilchen von länglicher Form vorstellen; wobei ich bemerke, dass wenn ich von Gestalt der Molecüle spreche, ich dabei nicht an ihre Masse, sondern an ihre Wirkungssphäre denke, auf die es auch allein ankommt. Beim Uebergang in den festen Zustand richten sich die länglichen Wassertheilchen gleichsam gegen einander auf, und nehmen somit einen grössern Raum ein, indem gewisse polare Gegensätze wirksam werden, die beim Durcheinanderwälzen im flüssigen Zustande nicht zur Geltung kommen können. Beim Gefrieren hört die fortschreitende Bewegung auf, indem die bewegende Wärme frei wird, und die den Molecülen innewohnenden Kräfte in Aktion treten.

Wenn wir auch dem Flüssigkeitshäutchen nicht sowohl eine grössere Dichtigkeit als vielmehr eine grössere Festigkeit oder Zähigkeit zuschreiben dürfen, so müssen wir doch, da die Bewegung der Theilchen vermindert ist, annehmen, dass bei seiner Bildung Wärme frei werde. Es ist zwar vorauszusehen, dass wegen der ausserordentlichen Dünnheit des Häutchens die Wärmeentwicklung nur in besonderen Fällen sich kundgebe; und was die freie Oberfläche betrifft, ist mir kein Factum bekannt, welches daraus erklärt werden könnte.

Rücksichtlich der Benetzung fester Oberflächen dürfte folgende Beobachtung ziemlich sicher für das Freiwerden von Wärme sprechen. Wenn man unter der Luftpumpe, nachdem dieselbe bis auf 2 — 4 M.M. Barometerstand entleert wurde, die Capillarröhre eintaucht, so entwickeln sich an der Oberfläche des eingetauchten Stückes, besonders aber an seinem untern Ende Gasblasen, und diese Gasbildung dauert etwa 1 Minute lang an. Es kann diess jedenfalls nicht Luft sein, welche sich von der Oberfläche des Glases ablöst, denn zu den Versuchen wurden immer frisch ausgezogene Röhren angewendet, die also unmittelbar vorher der Glühhitze ausgesetzt gewesen waren und noch keine ver-

[redacted]

liche Flüssigkeit, z. B. für Wasser, verschieden sein nach der Temperatur, weil mit der Wärme die Bewegung der Molecüle im Allgemeinen zunimmt, — ferner nach der Verdunstung, weil mit der Zunahme der Zahl der sich losreissenden Theilchen auch die Bewegungen in den zurückbleibenden, lebhafter werden müssen, — endlich nach der Gestaltung der Oberfläche, welche jedoch wegen der Kleinheit der Molecüle nur bei Flächen mit äusserst kleinem Krümmungshalbmesser wirksam werden dürfte, und daher bei allen messbaren selbst bei den kleinsten mikroscopischen Krümmungen vernachlässigt werden kann. Die Festigkeit des Oberflächenhäutchens muss auch von dem Umstande abhängen, ob die Flüssigkeit sich in Ruhe oder in Bewegung befindet; sie nimmt um so mehr ab, je stärker die Oberfläche ins Wogen geräth.

Daraus folgt unmittelbar, dass der in Ruhe befindliche Meniscus der Capillarröhre eine geringere Beweglichkeit der Wassersäule bedingt. In einer Röhre ist es nicht die oberflächliche, die Wand berührende Schicht sondern der innerhalb befindliche Flüssigkeitscylinder, welcher strömt. Da nun jene Wandschicht mit dem Häutchen des Meniscus einen geschlossenen Schlauch bildet, so kann die Flüssigkeit nur ins Strömen kommen, wenn der Widerstand dieses Häutchens überwunden wird, d. h. wenn die in relativer Ruhe sich befindenden Theilchen desselben beweglicher werden.

Mit dieser Annahme wären somit alle Thatsachen erklärt, wo der in Ruhe befindliche Meniscus das Beharren in einer andern Steighöhe, sei es einer grössern, sei es einer geringern, bedingt, als es die aus dem Röhrendurchmesser sich ergebende Capillarkraft sammt den übrigen bewegenden Kräften verlangt, während der in Bewegung befindliche Meniscus sich diesem normalen Stande nähert. Ebenso erklärt sich die Thatsache, dass ein mehrfach unterbrochener capillarer Wassercylinder unbeweglicher ist; könnte man den

Molecülen aller seiner Menisken gleichzeitig die gewöhnliche Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen verleihen, so würde er einem Anstoss keinen grössern Widerstand entgegensetzen als eine ununterbrochene Säule.

Mit dieser Annahme wäre ferner die Thatsache erklärt, dass ein in Ruhe befindliches capillares Niveau durch Verdunstung sich allmählich und äusserst langsam erniedrigt, und dadurch von dem Stande, der durch die Capillarkraft bedingt wird, entfernt. Von dem relativ festen Häutchen des Meniscus werden nach einander die Theilchen, die der äussersten Molecularschicht angehören, weggenommen, dann die der folgenden Schicht und sofort. Da das Häutchen aus zahlreichen Molecularschichten besteht, so wird seine Festigkeit durch den Verlust einer einzelnen Schicht nicht beeinträchtigt; im Uebrigen bringt es die Natur der Sache mit sich, dass der Verlust, den das Häutchen auf der äussern Seite erfährt, auf der innern Seite ersetzt wird. Die Verdunstung wirkt somit an dem relativ festen Meniscus in ähnlicher Weise wie an einem Stück Eis, von welchem sie ebenfalls die oberflächlichen Theilchen abreisst.

Die Annahme eines aus relativ unbeweglichen Flüssigkeitstheilchen bestehenden Häutchens erklärt uns auch die [redacted]

Zustande in fortschreitender Bewegung sich befinden, verlangt zugleich, dass wenigstens in engen Röhren ihre Bewegung mit der Abnahme der Röhrenweite sich etwas vermindere; und diese verminderte Bewegung hat dann nothwendig auch ein etwas dickeres und festeres Oberflächenhäutchen zur Folge. [5])

Es werden also durch die eigenthümliche Beschaffenheit des Flüssigkeitshäutchens verschiedene abweichende Erscheinungen, die auf die Capillarröhren Bezug haben, begreiflich. Indessen bleibt die eine Thatsache noch unerklärt, dass bei raschem Sinken des capillaren Niveaus zuweilen ein bedeutend tieferer Stand erreicht wird, als es die Spannkraft der Dämpfe bedingt. Diese Erscheinung, die in der vorhergehenden Mittheilung erörtert wurde, tritt immer nur bei raschem Pumpen ein, wodurch eine lebhaftere Verdunstung und ein rascheres Sinken herbeigeführt wird. Sie kann, wie ich glaube, nur durch eine bestimmte Theorie über die Capillarkraft befriedigend erklärt werden.

Die Theorie von Laplace, welche die Capillarkraft von dem Moleculardruck an der Oberfläche der Flüssigkeiten und seine relative Grösse von der Gestaltung der Oberfläche abhängig macht, erklärt wohl im Grossen und Ganzen die Capillarwirkungen, aber sie reicht für die Modificationen und Abweichungen nicht aus. Sie wäre rathlos gegenüber den vorhin besprochenen Erscheinungen, die sich aus den Bewegungen der Flüssigkeitstheilchen und dem daraus resul-

5) Dieser Einfluss der Abnahme des Lumens muss sich in den Moleculärinterstitien der Membranen überaus steigern; und wir begreifen daher den enormen Widerstand, den dieselben im todten Zustande dem Durchgange des Wassers entgegensetzen, während in lebenden Membranen die Bewegung der Flüssigkeit durch die Zellwandungen wohl immer durch besondere Kräfte (neben der diosmotischen Kraft besonders durch elektrische Strömungen) vermittelt wird

tirenden Oberflächenhäutchen einfach nachweisen lassen. Sie könnte ebensowenig Aufschluss geben über die Thatsache, die ich noch zu besprechen habe.

Es scheint mir überhaupt, dass an der Theorie von Laplace zwei verschiedene Seiten, die ziemlich unabhängig von einander sind, unterschieden werden müssen, die physikalische und die mathematische. Die letztere macht die Steighöhe in einer Capillarröhre sowie die übrigen der Messung zugänglichen Capillarerscheinungen abhängig von dem Krümmungshalbmesser der concaven oder convexen Oberflächen. Die Capillarkraft ist gleich der Differenz der Drucke, die sich aus der Gestalt der Oberflächen berechnet. Diese mathematische Grundlage wird jeder physikalischen Theorie über die Capillarität verbleiben; aber sie hat, wie die angeführten Abweichungen beweisen, nur Geltung wenn die Flüssigkeit, namentlich die oberflächliche Schicht derselben, die gleiche physische Beschaffenheit besitzt.

Mit dieser mathematischen Theorie steht die physikalische Theorie des Moleculardruckes von Laplace in keinem nothwendigen Zusammenhang. Die Annahme eines Moleculardruckes an der ganzen Oberfläche, dieselbe mag irgend welche Gestalt besitzen, freis eino der an andere Körper anstossen, scheint mir schwer zu vereinigen mit der Wirksamkeit der Molecularkräfte, wie sie sich nothwendig gestalten muss. Diese bedingt an einer freien Oberfläche eine Zunahme der Dichtigkeit von aussen nach innen (vorausgesetzt dass die physische Beschaffenheit, nämlich Anordnung und Bewegung der Theilchen überall die nämliche wäre), an der Oberfläche gegen einen benetzten Körper dagegen eine Dichtigkeitszunahme von innen nach aussen (unter der nämlichen Voraussetzung), weil die Anziehung von Flüssigkeit und Wandung grösser ist als zwischen den Flüssigkeitstheilchen selbst. An der freien ebenen Oberfläche können die oberen Schichten bloss durch ihre Schwere auf die unteren drücken; an einer freien concaven Fläche

[redacted]

müssen sie einen Zug nach aussen, an einer freien convexen Fläche einen Druck nach innen ausüben. An der Oberfläche eines benetzten Körpers findet, gleichwie an der freien ebenen Fläche, weder Zug noch Druck statt.

Zu dieser physikalischen Annahme passt die mathematische Theorie von Laplace ebenso gut wie zu dem von ihm supponirten Moleculardruck, welcher an der ebenen Fläche mit einer bestimmten aber unbekannten Grösse wirken, an der convexen Fläche mit der Abnahme des Krümmungshalbmessers grösser, an der concaven mit der stärkern Krümmung kleiner werden soll. Die Rechnung bleibt die gleiche, wenn der Moleculardruck an der freien ebenen und an den benetzten Flächen = Null gesetzt, an der convexen freien Fläche positiv und an der concaven negativ genommen wird, weil die Differenz, um die es sich handelt, dieselbe ist.

Der convexe Meniscus in einer Capillarröhre, welche von der Flüssigkeit nicht benetzt wird, wirkt nach dieser Annnahme als Druck und verursacht das Sinken des Quecksilbers in der Glasröhre. Der concave Meniscus in einer benetzten Röhre dagegen wirkt als Zug und hebt die Flüssigkeit empor. In der Glasröhre haben die Wasssertheilchen eine grössere Anziehung zu der Wandung als unter sich und steigen an derselben empor. Diese ziehen benachbarte, die Wand nicht unmittelbar berührende nach, die letztern wirken auf noch weiter abstehende und so fort. Von dem Umfange des Meniscus bis zu dessen Centrum hängt ein Wassermolecül am andern; der Meniscus nimmt als Gleichgewichtszustand zwischen den seitlich wirkenden Molecularkräften und der Schwerkraft eine halbkugelige Gestalt an. Die capillare Wassersäule steigt so hoch, bis ihr Gewicht dem Zug der im Meniscus wirkenden Molecularkräfte gleich kommt und zwar ist es, wie leicht einzusehen, nicht die Anziehung von Wasser und Glas, welche die Steig-

höhe bedingt, sondern die Anziehung der Wassertheilchen unter einander.

Das Gewicht der Wassersäule, welche am Meniscus hängt, wirkt rechtwinklig auf dessen Oberfläche; die Anziehungen der Wassermolecüle im Meniscus, welche jenem das Gleichgewicht halten, wirken in den tangentialen Richtungen (in der Fläche des Meniscus). Wenn die Höhe oder das Gewicht der Wassersäule mit g, die Summe der tangentialen Attractionen im Meniscus mit k, die Dicke oder Mächtigkeit der wirksamen Schicht im Meniscus mit m, endlich der Durchmesser der Capillarröhre mit d und die Entfernung zweier ebenen Platten mit e bezeichnet wird, so hat man für die Wirksamkeit des halbkugeligen Meniscus in einer cylindrischen Glasröhre die Formel

$$g = \frac{k.m}{d}$$

und für den halbcylindrischen Meniscus zwischen zwei Glasplatten

$$g = \frac{k.m}{2.e}$$

d. h. es steht die Steighöhe im umgekehrten Verhältniss zum Durchmesser der Capillarröhren oder zur Entfernung

[redacted]

Daraus erklärt sich die sonst unbegreifliche Thatsache, dass die so mächtigen Molecularanziehungen in den Capillarröhren nur eine Wassersäule von verhältnissmässig sehr geringer Höhe zu heben vermögen.

Die Steighöhe in den Capillarröhren ist gleich der radialen Componente, welche die Flächencohäsion im Meniscus zu entwickeln vermag. Sie muss also für die nämliche Röhre um so grösser ausfallen, je fester und dicker das den Meniscus bildende Häutchen in dem Momente ist, in welchem die Steighöhe fixirt wird. Daraus erkläre ich nun die Thatsache, welche noch unerledigt geblieben ist, dass nämlich unter gewissen Umständen das capillare Niveau unter der Luftpumpe tiefer sinkt, als es die Spannkraft der Dämpfe bedingen würde. Das raschere Sinken der Wassersäule in Verbindung mit der rascheren Verdunstung, welche beide Folge von raschem Auspumpen sind, verursacht eine lebhaftere Bewegung der Wasstheilchen im Häutchen des Meniscus, somit eine geringere Festigkeit desselben und in Folge davon eine geringere Steighöhe.

Die verschiedenen Erscheinungen, welche die Capillarröhren unter der Luftpumpe darbieten, würden sich also folgendermassen erklären. Auf die Bewegung der Molecüle, die das Meniskenhäutchen bilden, haben bei gleichen Röhren, gleicher Flüssigkeit und gleicher Temperatur zwei Faktoren Einfluss, nämlich erstens das Steigen und Fallen der Wassersäule und zweitens die Verdunstung. Ersteres wird wenigstens die Wassertheilchen am Rande des Meniscus in lebhaftere Bewegung versetzen; letztere wird überall die Bewegung vermehren. Beide Faktoren können zugleich vorhanden sein, oder es ist nur einer oder auch keiner derselben wirksam. Bei gewöhnlichem Luftdruck und gewöhnlicher Temperatur ist die Verdunstung so gering, dass sie als nicht vorhanden betrachtet werden kann. Wenn ferner die Wassersäule nur um so viel sinkt, als selbst die leb-

hafteste Verdunstung bei gewöhnlicher Temperatur und tiefstem, dem Vacuum fast gleich kommendem Barometerstand wegnimmt, so kann sie als in Ruhe befindlich angesehen werden.

Wenn man eine leere Capillarröhre bei gewöhnlichem Luftdrucke in Wasser taucht, so steigt dasselbe mit grosser Geschwindigkeit darin empor, geht dann allmählich langsamer und kommt zur Ruhe. Es erreicht in Folge dieser Bewegung und der mangelnden Verdunstung die normale Steighöhe. Ist die Bewegung langsamer, was dadurch erreicht wird, dass man das Wasser in einer theilweise gefüllten Röhre zu steigen anfangen lässt, so wird nicht ganz die normale Steighöhe erreicht. Ist die Wassersäule zur Ruhe gekommen, so kann sie, immer bei mangelnder Verdunstung, ziemlich unter oder über der normalen Steighöhe sich behaupten. Findet an dem ruhenden Niveau lebhafte Verdunstung statt, so kann dasselbe, wenn in Folge davon der Druck durch Dampfspannung nicht geändert wird, ziemlich unter den durch die normale Capillarkraft bedingten Stand hinabgehen, doch nicht ganz auf den tiefen Punkt, auf welchem es sich bei mangelnder Verdunstung zu behaupten vermag. — Wird unter der Luftpumpe durch

[redacted]

[redacted]

mässigkeiten, welche beobachtet wurden. Ueberall, wo der Stand des capillaren Niveau's ein anderer ist, als wie er durch die Capillarkraft, das Gewicht der Wassersäule und die Druckdifferenz (auf das capillare Niveau und die äussere Flüssigkeit) verlangt wird, lässt sich die Abweichung herleiten aus den begleitenden Verhältnissen und aus der verändernden Einwirkung, welche dieselben auf die Beschaffenheit des Oberflächenhäutchens ausüben.

Mit dem eigenthümlichen Verhalten des Wassers in Capillarröhren stehen einige andere Erscheinungen im Zusammenhange, wo es in feiner Zertheilung ebenfalls von dem gewöhnlichen Verhalten abweicht, nämlich das Gefrieren und Kochen. Es ist bekannt, dass kleine Wassertröpfchen und Nebelbläschen erst bei sehr tiefen Temperaturen sich in Eis verwandeln. Ebenso kocht das Wasser in Capillarröhren erst bei höhern Temperaturen als in weiten Gefässen. Es zeigt sich also auch rücksichtlich dieser beiden Processe, dass die Molecüle in Wassermassen mit sehr kleinem Durchmesser eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Veränderungen ihrer Anordnung und Bewegung geltend machen als in grössern Räumen.

Im Eis sind die länglichen Wassermolecüle gegen einander aufgerichtet und unbeweglich verbunden. Im Oberflächenhäutchen, das an Luft grenzt oder an einen festen Körper anstösst, liegen sie, mit geringer Bewegung begabt, vorzugsweise in parallelen Schichten mit gleicher Orientirung gegen die Oberfläche. Wie dem übrigens auch sein mag, es ist sicher, dass die Lagerung der Wassertheilchen im Häutchen eine geordnetere ist als im Innern, und dass die Anordnung eine andere ist als im Eis. Ebenso ist es gewiss, dass eine bestimmte Anlagerung für den Uebergang in den Eiszustand, d. h. in eine andere Anlagerung ungünstiger sein muss als die vollkommen ungeordnete Stellung der nach allen Seiten orientirten Theilchen des vollkommen

flüssigen Zustandes. Die Molecularanordnung des Häutchens wird aber um so tiefer sich erstrecken, je kleiner die Wassermasse ist, und daher auch die Eisbildung in ihr um so schwieriger erfolgen.

Beim Gefrieren nimmt ferner das Wasser einen grössern Raum ein. Da nun das Erstarren jedenfalls innerhalb des Oberflächenhäutchens beginnt, so muss letzteres etwas ausgedehnt werden. Es wird dieser Ausdehnung um so kräftiger widerstehen, je dicker und fester es ist und je kleiner sein Krümungshalbmesser. Es müssen auch aus diesem Grunde kleine Wassermengen schwieriger gefrieren als grosse.

Die Dampfbildung im Innern des Wassers oder das Kochen tritt ein, sobald die fortschreitenden Bewegungen der Theilchen so energisch werden, dass sie die Molecularanziehungen und den äussern Druck auf die ganze Wassermasse zu überwinden vermögen. In einer Capillarröhre erfolgt demgemäss das Kochen um so schwieriger, je enger sie ist. Denn einmal hat der kleine Meniscus ein festeres Häutchen, das überdem auch vermöge seines kleinern Krümmungshalbmessers eine grössere Widerstandsfähigkeit besitzt. Ferner sind die Bewegungen der Wassertheilchen um so langsamer, je kleiner der Raum zwischen dem relativ festen [redacted]

[redacted]

Ich komme nach diesen Auseinandersetzungen noch einmal auf die Frage zurück, mit welcher ich die erste Mittheilung begonnen habe und welche eigentlich die Ver-

---

vexe als Druck wirkt, so muss jene die Verdunstung befördern, diese sie hemmen. Am leichtesten lässt sich diess an Capillarröhren von verschiedenem Durchmesser nachweisen. Folgende Beobachtungen bei vermindertem und bei gewöhnlichem Luftdruck geben Aufschluss darüber.

Zwei Capillarröhren, A mit einem Durchmesser des Lumens von 0,910 M.M. und B mit einem Durchmesser von 0,384 M.M., wurden mit Wasser gefüllt, unten verschlossen und in den Recipienten der Luftpumpe gebracht. Der Barometerstand war 1—1½ M.M., die Temperatur 7,5° C. Während 10 Minuten sank das Niveau in A von 4,5 bis auf 7,6 M.M. unter dem obern Ende, in B von 7 bis auf 15 M.M. In A verdunsteten also 3,2 MM., in B dagegen 8 M.M. Wasser. Es verhalten sich

die Röhrenweiten von B und A wie 1 : 2,4

die Verdunstungsmengen von B und A wie 2,5 : 1

Bei einem zweiten Versuch unter der Luftpumpe wurde die Röhre B von 0,384 M.M. Weite mit der Röhre C von 0,120 M.M. Durchmesser verglichen. Barometerstand und Temperatur waren nahezu die nämlichen. Während 10 Minuten sank das Niveau in B von 5½ bis auf 11½ M.M. und in C von 4 bis auf 16 M.M. unter das obere Ende. Die Verdunstung nahm in B somit 6 und in C 12 M.M. Wasser hinweg. Es verhalten sich

die Röhrenweiten von C und B wie 1 : 3,2

die Verdunstungsmengen von C und B wie 2 : 1.

Zu einem dritten Versuch wurden zwei unten geschlossene und mit Wasser gefüllte Röhren bei dem gewöhnlichen atmosphärischen Luftdruck der Verdunstung überlassen. Die eine D hatte einen Durchmesser von 2,25 M.M., die andere E von 0,15 M.M. Es sank das Niveau vom 25. März 3 Uhr Nachmittags an

in den ersten	17	Stunden in D um	1	M.M., in E um	1,7	M.M.
in den folgenden	10	„	0,5	„	0,8	„
„	46	„	1,5	„	2	„
„	72	„	2	„	2	„

Es verhalten sich

die Röhrenweiten von E und D wie 1 : 15

anlassung zu den mitgetheilten Versuchen war, wie hoch überhaupt die Flüssigkeit in engen Capillarröhren steigen könne.

---

die Verdunstungsmengen v. E u. D	in den ersten	17	Stund.	wie 1,7:1
„	folgenden	10	„	1,6:1
„	„	46	„	1,3:1
„	„	72	„	1 :1

Das leere Ende über dem Niveau betrug beim Beginne des Versuches in der engen Röhre E nur 1,5 MM., in der weiten D dagegen 3 M.M. Sowie in Folge der Verdunstung dieses Ende länger wurde, verminderte sich die Verdunstungsmenge. Sie betrug in der Stunde

während der ersten	17 Stunden	in D 0,100 M.M.,	in E	0,059 M.M.
während der folg.	10 „	0,080	„	0,050 „
„	46 „	0,043	„	0,033 „
„	72 „	0,028	„	0,028 „

In der engern Röhre fliesst der Wasserdampf langsamer ab; die Atmosphäre ist daselbst feuchter und die Dampfspannung grösser. Dadurch wird früher oder später die Verdampfung ziemlich genau um so viel beschränkt, als sie durch den kleinern Krümmungshalbmesser des Meniscus befördert wird. Nach dreimal 24 Stunden war bei dem genannten Versuche kein Unterschied in der Abnahme der Wassersäule in den beiden Röhren mehr zu beobachten und während

[redacted]

Fassen wir, entsprechend der oben gemachten Annahme, die Capillarwirkungen als Zug des concaven und Druck des convexen Meniscus auf, so kann das Wasser nur soweit gehoben werden, bis es unter seinem eigenen Gewichte reisst. Dieses Entzweireissen einer Wassersäule ist im Grunde nichts anderes als Dampfbildung in derselben. Denn es kann darunter nur verstanden werden, dass die negative Spannung auf den Grad vermehrt wird, wo die Bewegung der Wassertheilchen kein Hinderniss mehr findet, um in Dampfbildung überzugehen.

In dieser Beziehung ist es übrigens ganz gleichgültig, welcher Theorie der Capillarkraft wir folgen. Denn thatsächlich ist das Wasser im Grunde einer Capillarröhre dem nämlichen Drucke ausgesetzt, wie jede freie Wasserfläche, auf welcher die Atmosphäre lastet. Auf einer Höhe von 10 Metern befindet es sich in der nämlichen Spannung, wie jede freie Wasserfläche unter der vollständig evacuirten Luftpumpe. Steigt das Wasser in einer hinreichend engen Capillarröhre noch höher, so nimmt die positive Spannung mit je 10 Metern Höhe um eine Atmosphäre ab, resp. es vermehrt sich die negative Spannung um ebensoviel.

Das Wasser kann in irgend einer Capillarröhre nur so hoch steigen, bis durch die verminderte positive Spannung Gasbildung und damit eine Unterbrechung der Flüssigkeitssäule eintritt. Es ist also für die vorliegende Frage von Wichtigkeit, wie die übrigen Faktoren auf die Gasbildung einwirken. Die letztere wird, ausser der Temperatur, namentlich auch durch den Umstand bedingt, ob das Wasser absorbirte Gase enthält und ob die Capillarröhren mit einer

---

stattet, dass am Meniscus der engen Capillarröhre eine viel grössere Wärmemenge zur Verdampfung der Wassertheilchen verbraucht werde als am Meniscus der weiten Röhre oder an der ebenen Wasseroberfläche.

Schicht verdichteter Luft ausgekleidet sind oder nicht. Ist das Wasser nicht vollständig ausgekocht und die Glasröhren nicht frisch gezogen, so scheidet sich in Capillarröhren von 0,1, von 0,01 und selbst von 0,002 M.M. Dicke unter der Luftpumpe Luft aus. Daraus folgt, dass in Röhren, deren geringe Weite ein Steigen auf 10 und mehr Meter bedingen würde, diese Höhe kaum erreicht und jedenfalls nicht überschritten werden kann, wenn Wasser und Röhren nicht vollkommen luftfrei sind. Denn die sich ausscheidende Luft bildet zahlreiche Unterbrechungen und macht dadurch die Flüssigkeitssäule unbeweglich. Wir können also sagen, dass gewöhnliches, absorbirte Gase enthaltendes Wasser in Capillarröhren jedenfalls nicht über 32 Fuss sich erheben kann.

Es fragt sich nun ferner, wie es sich mit luftfreiem Wasser und luftfreien Röhren verhalte, d. h. unter welchen Bedingungen Dampfbildung im Innern des Wassers erfolge. In dieser Beziehung sind zwei Thatsachen von Wichtigkeit, 1. dass ausgekochtes Wasser in weiten Gefässen bei gewöhnlicher Temperatur unter der Luftpumpe und im Vacuum nicht kocht, und 2. dass, wie schon früher bemerkt wurde, das Kochen um so schwieriger erfolgt, je enger die Capillarröhre ist.

[redacted]

Auch an weiten Röhren lässt sich diese Beobachtung machen. Es wurde eine 5 M.M. dicke Glasröhre am obern Ende in eine sehr feine Capillarröhre (von etwa 0,001 M.M. Durchmesser), am untern Ende in eine mässig weite Capillarröhre (von 0,36 M.M.) ausgezogen, mit luftfreiem Wasser gefüllt und aufgerichtet mit der Luftpumpe verbunden. Diese konnte auf 5 und 4 M.M. Barometerstand ausgepumpt werden, ohne dass Dampfbildung eintrat. Die Wassersäule wurde durch den Meniscus des obern feinen Endes gehalten. Die Länge derselben in dem weiten Theil und in dem untern capillaren Ende betrug zusammen 450 M.M. Der Meniscus in dem untern capillaren Ende wirkte mit einer Capillarkraft, die einer Wassersäule von 83 M.M. das Gleichgewicht hielt. Es hieng somit an dem obern capillaren Ende eine Wassersäule von 533 M.M. Auf das untere capillare Niveau fand ein Gegendruck von nur 4—5 M.M. Quecksilber, oder von 55—68 M.M. Wasser statt. Die negative Spannung im obern Theil des weiten Röhrenstückes war also gleich dem Zuge einer Säule von 478—465 M.M. Wasser oder von 35—34 M.M. Quecksilber.

Bei einem zweiten gleichen Versuch betrug die Wassersäule im weiten Röhrenstück und im untern capillaren Theil zusammen 585 M.M., und die negative Spannung in dem obersten Theil des erstern war gleich dem Zug einer Säule von etwa 600 M.M. Wasser oder von 44 M.M. Quecksilber.

Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass die Cohäsion des luftfreien Wassers bei gewöhnlicher Temperatur in geschlossenen (engern und weitern) Röhren viel grösser ist als diejenige, welche sich aus den Versuchen von Gaylussac u. A. mit Metallplatten ergeben haben. Wie gross übrigens die Cohäsion des Wassers im geschlossenen Raume wirklich sei, darüber geben unsere Beobachtungen keinen Aufschluss. Möglicherweise übertrifft sie die angegebenen Werthe um vieles. Vorderhand lässt sich bloss angeben, dass bei ge-

wöhnlicher Temperatur eine luftfreie Wassersäule von 600 M.M. Länge, die über dem Vacuum hängt, noch nicht durch ihr eigenes Gewicht zerrissen wird und nicht in's Kochen geräth.

Die Dampfbildung gestattet also dem ausgekochten Wasser jedenfalls, in capillaren Röhren auf viel grössere Höhe zu steigen als es das luftführende Wasser im Stande ist. Es wäre selbst möglich, dass es dafür überhaupt keine Grenze gäbe. Wir wissen, dass das Kochen in Capillarröhren um so schwieriger erfolgt, je enger dieselben sind; aber die genauern Beziehungen zwischen den beiden Erscheinungen sind unbekannt. Dürften wir annehmen, dass die Dampfbildung in dem Maasse gehemmt werde, als der Röhrendurchmesser abnimmt, so könnte das Wasser in Capillarröhren auf jede beliebige Höhe steigen. Doch mag es zweifelhaft erscheinen, ob in Röhren von 0,0001 M.M. Weite, in denen sich das Wasser auf einer Höhe von 300 Meter erhalten sollte, die dadurch bedingte negative Spannung von 30 Atmosphären nicht ein Zerreissen der Wassersäule und Dampfbildung in derselben verursachen würde.

Wenn es sich darum handelt, wie hoch unter übrigens günstigen Verhältnissen das Wasser in den feinsten Capillarröhren emporsteigen könne, so kommt auch der Umstand in Betracht, in welchem Maasse die Beweglichkeit der capillaren Wassersäule in sehr engen Räumen abnehme. Ich habe früher wahrscheinlich zu machen gesucht, dass mit der Abnahme des Röhrendurchmessers die Widerstandsfähigkeit der ruhenden Wassersäule in steigender Progression sich vermehre. Es scheint also, dass die Festigkeit des den Meniscus bildenden Häutchens nicht bloss im umgekehrten Verhältniss zu seinem Krümmungshalbmesser, sondern in erhöhtem Maasse wachse.

Wichtiger aber, da es sich um das Steigen des Wassers handelt, ist der Umstand, dass durch die grossen Reibungs-

widerstände in engen Röhren die Geschwindigkeit sehr vermindert wird. In Folge des langsamern Steigens wird sich daher bald das Häutchen des Meniscus bilden und eine fernere Bewegung ganz unmöglich machen.

Der Versuch bestätigte diese theoretische Folgerung vollkommen. Wenn eine Glasröhre mit Weizenstärkemehl vollgestopft und in Wasser gestellt wird, so steigt dasselbe nur wenige Fuss hoch. Und wenn man die Röhre mit nassem Stärkemehl[8]) füllt und dann in Wasser stellt, so trocknet das Stärkemehl oben in der Röhre aus und bleibt nur wenige Fuss hoch feucht. Die Getreidestärkekörner haben eine ungleiche Grösse und Gestalt. Die grössern sind linsenförmig und bis 0,030 M.M. breit; die kleinern, die viel zahlreicher vorkommen, sind eckig und 0,005—0,008 M.M. gross. Die grössten Capillarräume in wohl gestopftem Getreidestärkemehl sind jedenfalls viel kleiner als 0,003 M.M. Nehmen wir, was gewiss zu hoch gegriffen ist, die grössern Zwischenräume zu 0,002 M.M. an, so würde sich daraus eine Steighöhe von 15 Metern, für die grosse Mehrzahl der Capillarräume aber eine bedeutend grössere Steighöhe ergeben.

Die Glasröhren mögen sich wegen ihrer glatten Wandungen und wegen des gleichmässigen Lumens etwas anders verhalten als die Zwischenräume im Stärkemehl. Allein, wenn Theorie und Erfahrung berücksichtigt werden, so ist es nicht wahrscheinlich, dass in denselben das Wasser auf 30, nicht einmal auf 15 Fuss sich zu erheben vermöge, und zwar bloss wegen der Unbeweglichkeit der capillaren Wassersäule.

---

8) Es wurde als dünnflüssiger Brei in die Röhre gegeben.

Botanische Mittheilungen

von

Carl Nägeli.

III. Band.

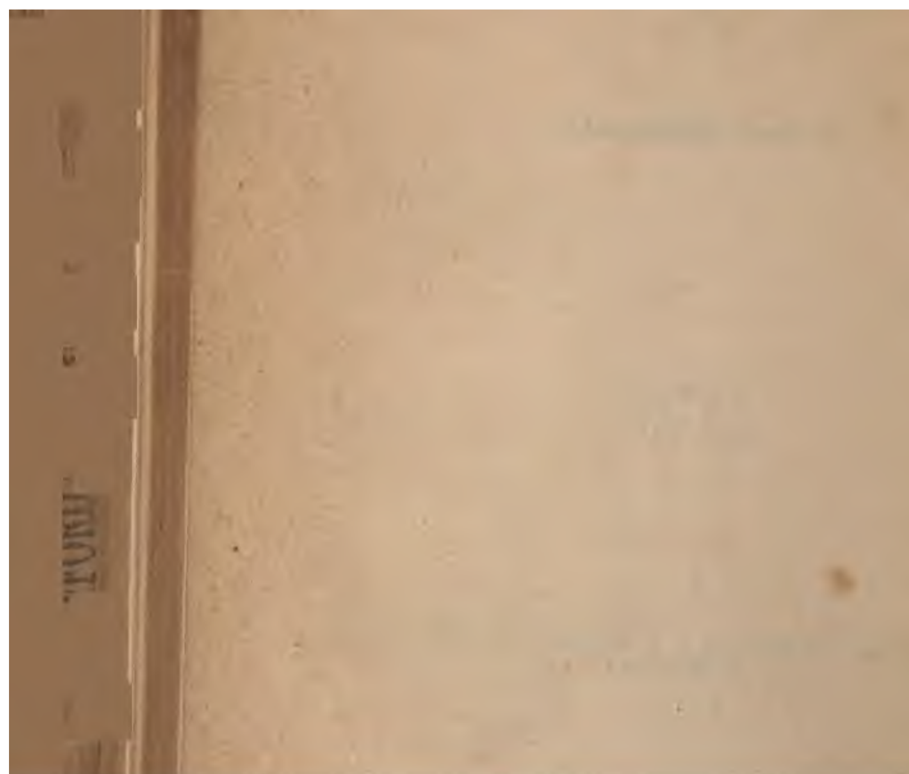
Mit 1 Tafel.

(Aus den Sitzungsberichten der k. b. Akademie der Wissenschaften in München.)

München

Druck von F. Straub.

1881.



Inhaltsverzeichniss.

30. Ueber die Innovation bei den Hieracien und ihre systematische Bedeutung.

(Hiezu eine Tafel.)

(Vorgetragen den 10. November 1866.)

Es giebt kaum ein Merkmal zur Unterscheidung der ruppen und Species in der Gattung Hieracium, bezüglich dessen die herrschenden Ansichten so sehr einer Berichtigung bedürfen, wie die Innovation. Man versteht darunter die Art und Weise, neue Triebe zu bilden, insbesondere den Zustand, in welchem die Sprossanfänge überwintern, um im Frühjahr in blühende Stengel auszuwachsen.

Bis in die neuere Zeit wurde auf die Innovation gar nicht geachtet, selbst nicht von den Hieracien-Monographen Tausch (1828), Monnier (1829) und Froelich (1838) sowie von dem so genauen Pflanzenbeschreiber Gaudin (1829), — wenn wir einzelne zufällige und ohne Beziehung gemachte Bemerkungen in den Beschreibungen ausnehmen. Von Froelich wird bloss ein entfernt verwandter Begriff, der in dem Gegensatz der Phyllopodie und Aphyllopodie beruht, bei zwei Gruppen zum ersten Mal als Unterscheidungsmerkmal benutzt.

Die Eintheilung nach den biologischen Merkmalen des Neuwuchses versuchen zuerst Hegetschweiler und Koch. In seiner Flora der Schweiz spaltet Hegetschweiler (1839) die Gattung Hieracium in drei Hauptgruppen.

A) Wurzelblättrige. Die Wurzel treibt Wurzelköpfe oder Ausläufer. Hieher gehören die Piloselloidea und die Pulmonaroidea. Von den letztern wird angegeben, dass das Rhizom neben dem alten Stengel gegen den Herbst einen Büschel Blätter bildet, aus deren Mitte das nächste Jahr der neue Stengel entsteht.

B) Gemischtblättrige. Die Wurzel entwickelt gegen

den Herbst einige Wurzelblätter (d. h. für die Triebe des nächstfolgenden Jahres). Hieher die Prenanthoidea mit H. alpinum Lin. und H. amplexicaule Lin., die Picroidea, die Villosa, die Barbata (mit H. glanduliferum Hoppe) und die Glauca.

C) Stengelblättrige oder Gemmifera. Die Wurzel treibt keine Wurzelköpfe und keine Blätterbüschel, sondern gegen den Herbst unterirdische weisse, schuppige Gemmen, aus welchen im Frühjahr ein beblätterter Stengel hervorbricht. Hieher die Polyphylla (mit H. umbellatum Lin., H. boreale Fr. etc.)

Hegetschweiler unterscheidet also zweierlei Innovationen, solche mit Blätterbüscheln (bei A und B) und solche mit Gemmen (bei C). Etwas eingehender wurden diese Verhältnisse von Koch auf der Naturforscherversammlung in Erlangen im September 1840 behandelt. Derselbe bestimmt die Aphyllopoden in der Art, dass sie nie Wurzelblätter haben, indem das aus dem Samen sich entwickelnde Pflänzchen sogleich nach der Entwickelung der Samenblätter in den Stengel trete, ohne auf dem Wurzelkopfe einen Büschel von Blättern zu bilden. Am Grunde des Stengels stehen schuppenförmige Blätter, die am meisten ausgebildeten Blätter befinden sich in der Regel im untern Drittel desselben. Dieser erstjährige Stengel blühe gewöhnlich nicht. Er erzeuge im Nachsommer an seinem Grunde eine oder zwei unterirdische Knospen, welche im Frühling des folgenden Jahres zu Trieben sich entfalten. Die letztern seien aphyllopod und dem Stengel des ersten Jahres ähnlich, bringen aber Blüthen hervor und legen am Grunde wieder Knospen an.

Die phyllopoden Hieracien dagegen haben Wurzelblätter und ausserdem Wurzelköpfe, die einen Büschel von Blättern tragen. Das aus dem Samen hervorsprossende Pflänzchen bilde im ersten Jahre bloss eine Blätterrosette. Aus der Mitte derselben erhebe sich im zweiten Jahre der blühende

tengel, während neue mit Blättern gekrönte Wurzelköpfe rzeugt werden, aus denen im folgenden Jahr blühende tengel hervorsprossen.

So klar und richtig diese von Koch gegebene Dartellung im Allgemeinen ist, so wenig befriedigt der Schluss es Referats in der Flora (1841, p. 651), „der wesentliche Jnterschied der beiden soeben dargestellten Gruppen bestehe emnach darin, dass sich bei den Phyllopoden die Achse es Wurzelkopfes vor der Blüthenbildung nicht zum Stengel erlängere, während sie bei den Aphyllopoden, auch ohne lass die Pflanze bis zur Blüthenbildung fortgeschritten sei, ich in einen Stengel verlängern müsse". Demnach würde las Hauptgewicht auf den Umstand gelegt, dass bei den Aphyllopoden der aus dem Samen sich entwickelnde primäre Trieb selbst nicht zur Blüthenbildung gelangt, während er bei den Phyllopoden, wenn auch erst im zweiten Jahre, mit inem Blüthenstand abschliesst.

Dieser Unterschied ist rein zufällig, indem er von äussern Verhältnissen, nämlich von der Zeit der Aussaat und der Witterung bedingt wird. Wenn die Samen bei uns in Deutschand ins freie Land ausgesäet werden, so zeigen sie meitens das von Koch dargelegte Verhalten. Man kann aber uch alle Hieracien, phyllopode und aphyllopode, im ersten Jahr zur Blüthe und theilweise selbst zur Samenbildung bringen, wenn man sie früh genug in Töpfe säet und später, wenn die Frühlingswärme sich eingestellt hat, ins freie Land pflanzt. Der primäre aus dem Samen hervorgegangene Trieb schliesst also in diesem Falle auch bei den Aphyllopoden mit einer Inflorescenz ab, während er bei verspäteter Entwicklung nicht zur Blüthenbildung gelangt.

Im Jahr 1844 benutzte Koch in der zweiten Auflage der Synopsis florae germanicae et helveticae, nach dem Vorgange Hegetschweilers, die Innovation zur Charakterisirung der Gattungsectionen. Bei den Aurellen, Ceris-

thoideen, Pulmonaroideen, Andryaloideen und Pseudocerinthoideen „überwintern die Blätter der nichtblühenden Wurzelköpfe und sind noch zur Blüthezeit vorhanden". Bei den Prenanthoideen „hat die Pflanze im Herbst an der Wurzel Knospen oder kleine Blätterbüschel, aber die Wurzelblätter und die untern Stengelblätter sterben schon vor der Blüthezeit ab." Bei den Intybaceen und Accipitrinen „hat die Pflanze im Herbst weder Wurzelblätter noch Blätterbüschel sondern Knospen auf der Wurzel."

Diese Eintheilung der Hieracien-Gruppen nach der Innovation wurde sofort von E. Fries mit Begeisterung aufgenommen. Er nennt sie „herrlich und neues Licht bringend; so sei gezeigt, dass viele bisher vereinigte Formen nicht einmal mit einander zu vergleichen seien, indem sie nur analoge Ausbildungsformen in verschiedenen Reihen vorstellen." Er sagt voraus, dass „nach diesen Gründen die Arten zugleich würden reformirt und vermehrt werden" (in Lindblom's Bot. Notiser vgl. Hornschuch's Archiv 1845 p. 266).

In der Monographie, welche Fries im Jahr 1848 unter dem Titel Symbolae ad Historiam Hieraciorum veröffentlichte, spielt denn auch die Innovation der Pflanze als Prinzip der Eintheilung die erste Rolle. In der Einleitung (pag. XVII) sagt er, die Innovation geschehe auf dreierlei Weise: 1) durch Ausläufer (Stolonen), 2) durch Rosetten und 3) durch geschlossene Knospen. Die Fortpflanzung durch Stolonen, der Section der Pilosellen eigenthümlich, komme dem Vermögen nach allen Arten derselben zu, könne aber oft unterbleiben. Dieselbe trete in doppelter Weise auf. Bei den einen Species nämlich (in der Aufzählung gehören hieher die Stirps H. Pilosellae und die Stirps H. Auriculae) bilden die Ausläufer ein an der Oberfläche hinkriechendes Rhizom (rhizoma repens stoloniferum). Bei den andern (in der Aufzählung sind es die Stirpes H. praealti und H. cymosi) entspringen

sie unter der Erde und stellen eine schiefe Wurzel dar (radix a caule discreta). Fries bezeichnet nämlich noch die unterirdischen Stengeltheile als Wurzel.

Die Innovation durch Rosetten, welche unter den einheimischen Arten bei den Sectionen Aurella und Pulmonarea vorkomme, gehe unter Umständen in die erstgenannte über, indem die Rosetten unterhalb der Blätter in einen caudiculus stoloniformis sich verlängern. Die Blätter der Rosetten dauern nur bis im Frühjahr aus; die eigentlichen Wurzelblätter entwickeln sich später aus deren Mittelpunkt und bilden in ihren Achseln zum Theil die neuen Rosetten, indess die letztern bei andern aus der Wurzel selbst hervorgehen.

Die Innovation durch geschlossene Knospen, welche nach dem Absterben des Krautes am Grunde des Stengels sich bilden, gehöre vorzugsweise der Section Accipitrina an. Die ersten Blätter des Triebes bleiben schuppenförmig und bilden eine Knospe. Die folgenden Blätter steigen alle normal am Stengel in die Höhe und seien oft vom Grunde entfernt, wobei die untern vor den obern absterben. Daher seien diese Arten als aphyllopod zu bezeichnen, während diejenigen Species der Sectionen Aurella und Pulmonarea, bei denen die untern Blätter später ebenfalls fehlen, hypophyllopod genannt werden.

In der systematischen Aufzählung wird dann, entsprechend dieser Auseinandersetzung, der Section Pilosella „Innovation durch (oberflächliche oder unterirdische) Stolonen“, den Sectionen Aurella und Pulmonarea „Innovation durch Rosetten“ und der Section Accipitrina „Innovation durch geschlossene Knospen“ zugeschrieben.

Dem Beispiele von Hegetschweiler, Koch und Fries folgten die meisten Systematiker, welche Floren einzelner Länder bearbeiteten. Ich nenne bloss Grenier in der Flore de France 1850, welcher aber den Piloselloiden mit Recht

nicht bloss Stolonen, sondern auch Rosetten und ruhende Knospen zuschreibt und überdem die Stolonen in beblätterte und beschuppte, wurzelnde und nicht wurzelnde trennt und nach diesen Verschiedenheiten auch die Unterabtheilungen der Piloselloiden charakterisirt.

Dagegen gieng Grisebach in der Commentatio über die europäischen Hieracien 1852 von der Innovation als Hauptmoment der Eintheilung wieder ab. Abgesehen davon, dass er bei den Arten der Pilosellen angiebt, ob sie Stolonen besitzen oder nicht, und dass er eine Abtheilung seiner Vulgaten durch „gemmae autumnales squamaceae" charakterisirt, wird der verschiedenen Wurzelsprossbildung weiter keine Erwähnung gethan. — Der Behandlung Grisebachs schloss sich Reichenbach fil. in Deutschland's Flora 1860 an.

Eine besondere eingehende Untersuchung über die Innovation der Gruppe Pilosella Fries stellte Juratzka an (Verhandlungen des zoologisch-botanischen Vereins in Wien 1857 p. 531). Die Innovation, welche bei den Piloselloiden für die Erhaltung der Arten eine wichtigere Rolle spiele als die Samen, geschehe auf doppelte Weise: 1) durch Achselknospen und 2) durch Adventivknospen aus den Nebenwurzeln. Aus den Achselknospen entstehen, insofern sie sich nicht zu aufsteigenden blüthentragenden Trieben entwickeln, meistens ober- oder unterirdische Ausläufer, welche in eine bewurzelte Rosette endigen, seltener Rosetten, welche dem Grunde des Stengels aufsitzen und erst im folgenden Jahre in einen blühenden Stengel auswachsen. Die Innovation durch Adventivknospen auf den Nebenwurzeln komme in der Regel bei Arten vor, die keine Achselausläufer haben, so bei H. echioides, H. piloselloides, Formen von H. praealtum. Ueberhaupt scheinen axilläre Stolonen und Knospen auf den Nebenwurzeln einander auszuschliessen, so dass eine Pflanze nie beide Innovationen zugleich entwickele.

Was die systematische Verwendung der Innovations-

Merkmale betrifft, kommt Juratzka zu dem Schlusse, dass dieselben als spezifische Merkmale unbrauchbar seien. Sie sollen nämlich eine zufällige, durch die Bodenbeschaffenheit bedingte Erscheinung sein und daher bei der Veränderung der äussern Verhältnisse sowie auch bei geeigneter Kultur in einander übergehen.

In der zweiten Monographie, welche Fries 1862 als Epicrisis generis Hieraciorum veröffentlichte, bildet die Innovation noch in gleicher Weise und mit fast unveränderter Fassung wie in den Symbolae ein Merkmal der Gattungssectionen.

Nach dieser historischen Darlegung gehe ich zu der Betrachtung der Thatsachen selbst über. Die Fortdauer mehrjähriger Pflanzenstöcke beruht bekanntlich darauf, dass sich jährlich eine Anzahl neuer Organe bildet, und dass ein Theil derselben, während der übrige zu Grunde geht, ausdauert. Entweder bleiben diese perennirenden Theile bloss bis zur nächsten Vegetationsperiode oder durch mehrere Vegetationsperioden hindurch oder selbst die ganze Zeit der Dauer des Pflanzenstockes lebenskräftig. Bei den Hieracien, als perennirenden krautartigen Gewächsen, sterben im Herbste alle oberirdischen Theile ab, und es dauern nur die in und dicht an der Erde befindlichen, das Rhizom (oder die Wurzel im ältern Sinne) aus. Dasselbe besteht aus einer Verzweigung successiver Sprossordnungen, von denen bloss die Basilartheile übrig geblieben sind.

An dem Rhizom und zwar vorzugsweise oder ausschliesslich an den jüngsten Theilen desselben, also an den Sprossen der letzten Ordnung (oder, was das nämliche ist, an dem Grunde der diessjährigen im Herbste absterbendcn Triebe)

werden im Nachsommer seitliche Sprossanlagen erzeugt, welche sich mehr oder weniger weit ausbilden, überwintern und im Frühjahr zu oberirdischen blühenden Stengeln auswachsen. Der Zustand, in welchem sich diese Sprossanlagen beim Einwintern befinden, hängt von der Zeit ihrer Entstehung und von der Raschheit ihres Wachsthums ab. Beides aber wird bedingt einerseits durch die spezifischen Wachsthumsverhältnisse der ganzen Pflanze, anderseits durch die äussern Einflüsse.

Die Wachsthumsverhältnisse stimmen darin bei allen Arten überein, dass der aus dem Rhizom entspringende Spross (Stengel) am Grunde mit schuppenförmigen Niederblättern, welche indess auch mangeln können, dann mit grünen Laubblättern und oberhalb mit kleinen schmalen grünlichen Hochblättern besetzt ist, worauf derselbe mit einem Blüthenkopfe abschliesst. Ferner, dass von einem bestimmten Punkte, der höher oder tiefer liegen kann, abwärts alle Blätter Axillarknospen bilden, welche unter günstigen Verhältnissen sich entwickeln und zwar letztere in absteigender Folge, und welche dann selbst wieder in einen Blüthenkopf ausgehen. Die obern dieser Seitenstrahlen sind meistens nur mit Hochblättern, die untern immer auch

[redacted]

und Hochblätter zahlreich vertreten (Hieracium boreale, H. umbellatum etc.), anderseits solche, bei denen sie bloss in sehr beschränkter Zahl vorhanden sind (H. murorum, H. alpinum etc.). Die höchste Reduction können die Niederblätter und die Hochblätter erfahren, erstere können selbst ganz mangeln, indess die Laubblätter nicht unter eine gewisse Zahl zurückgehen. Zwischen den beiden genannten Extremen giebt es Uebergänge mit verschiedenen Combinationen, z. B. spärliche oder mangelnde Niederblätter und zahlreichere Laubblätter (H. vulgatum, H. villosum etc.).

Mit Rücksicht auf die Länge der verschiedenen Stengelinternodien giebt es nur eine bei allen Species constante Erscheinung, diejenige nämlich, dass die Internodien zwischen den untersten Schuppen immer verkürzt sind. Von den übrigen Vorkommnissen übergehe ich diejenigen, welche die Hochblättregion betreffen, da sie wohl für die Systematik überhaupt, nicht aber für die Innovation von Bedeutung sind. Das Verhalten der Internodien in der Niederblatt- und Laubblattregion bietet uns folgende hauptsächlichste Fälle dar.

Bei manchen Arten sind die Internodien zwischen allen Nieder- und Laubblättern verkürzt; die Laubblätter bilden eine Rosette am Grunde des schaftartigen Stengels (H. murorum, H. florentinum, H. glaciale etc.). — Wenn die Internodien zwischen den obersten Laubblättern verlängert sind, so ist der Stengel über der grundständigen Rosette beblättert (H. vulgatum). — Bei andern Arten sind nur die Internodien zwischen den Niederblättern verkürzt, diejenigen zwischen den Laubblättern dagegen verlängert; der beblätterte Stengel hat keine basilare Blattrosette (H. boreale, H. umbellatum). — Endlich giebt es noch solche Arten, bei denen die Internodien zwischen allen oder doch den obern Laubblättern verkürzt sind, während die unter-

halb dieser Stelle befindlichen Internodien (zwischen den untern Laubblättern oder zwischen den Niederblättern) sich strecken. Dadurch entsteht eine gestielte Blattrosette, am Grunde des Blüthenschaftes, deren Stiel mit Laubblättern oder Niederblättern besetzt ist. Dieser Stiel sammt seiner Blattrosette ist in der Regel niederliegend und bewurzelt, und heisst Ausläufer (H. Pilosella, H. Auricula, H. aurantiacum).

In letzter Linie sind noch die spezifischen Verschiedenheiten bezüglich der Entfaltung der seitlichen Knospen zu erwähnen. Wie bereits bemerkt, sind alle Blätter des Stengels bis zu einer gewissen Höhe, die jedoch für verschiedene Arten äusserst ungleich ausfällt, mit entwicklungsfähigen axillären Sprossanlagen versehen, die sich der Reihe nach von oben nach unten entfalten. Wir treffen hier aber auf zwei Typen, die in ihren extremen Erscheinungen äusserst verschieden sind. Die absteigende Folge in der Knospenentfaltung setzt sich entweder ohne Unterbrechung fort, oder sie erleidet eine solche und zerfällt somit in zwei getrennte Entfaltungsreihen.

Ersteres findet man im allgemeinen bei den wenigblättrigen Arten und vorzugsweise bei den mit einer Blatt-

[redacted]

[redacted]

blätter bleiben unentwickelt, indem der Entfaltungsprocess nicht bis zu ihnen niedersteigt.

Der zweite Fall zeigt sich im Allgemeinen bei den reichbeblätterten Arten und vorzüglich dann, wenn der Stengel mit zahlreichen Laubblättern besetzt ist. Hier schreitet die Entwickelung der Knospen von der Spitze an nur bis auf eine gewisse Strecke weit fort. Sie beschränkt sich meistens auf die Hochblattregion und bildet die Inflorescenz. Die abwärts davon befindlichen Knospen gelangen nicht zur Entfaltung, so dass die Laubblattregion oft gänzlich oder beinahe gänzlich unverzweigt bleibt. Dagegen entwickeln sich die Sprossanlagen am Grunde des Stengels, die sich in der Achsel der untersten Laubblätter oder der obersten Niederblätter befinden. Sie treten zunächst als Ausläufer, Rosetten oder geschlossene Knospen auf, entwickeln sich später aber zu blühenden Stengeln. Auch diese Entwickelungsfolge beginnt an einem bestimmten Punkte und geht von da Blatt für Blatt abwärts, bis sie erlischt. Die unterhalb dieser Stelle befindlichen Axillarknospen, sei es in den untern Laubblättern und den Niederblättern, sei es in allen oder den untern Niederblättern gelangen nicht zur Entwickelung.

Dass die Entwickelungsfolge sowohl am oberen Ende als am Grunde des Stengels eine absteigende ist, lässt sich leicht direkt beobachten. Was die Spitze des Stengels betrifft, so giebt sie sich überdem durch das centrifugale Aufblühen der Köpfe kund.

Mit Rücksicht auf die Basilarregion sehen wir, dass im Allgemeinen je der obere Seitenspross auch der geförderte ist, da er sein Wachsthum früher beginnt und in der Regel auch lebhafter betreibt. Die streng absteigende Folge am Grunde des Stengels erleidet aber sowohl oben als namentlich unten leicht Störungen. Dort ist zuweilen über dem obersten und grössten Seitentrieb noch eine oder die andere

wenig entwickelte Knospe sichtbar, was sich in der Regel auf äussere ungünstige Einflüsse zurückführen lässt. Unten wird die Entwicklungsfolge um so unregelmässiger, je weiter sie sich unter die Erdoberfläche erstreckt, und je längere Zeit sie andauert. Wir beobachten hier nicht selten, dass mit Ueberspringung mehrerer Axillarknospen eine tiefere sich entwickelt.

Die einzigen Achselknospen, welche unterhalb der sich entfaltenden Triebe der apicalen und basilaren Reihe unentwickelt bleiben, haben zwar ebenfalls das Vermögen auszuwachsen, aber sie realisiren dieses Vermögen nur unter aussergewöhnlichen Umständen. Wird an einer reichbeblätterten Art der oberste Theil des Stengels im Sommer abgeschnitten, so gelangen die Achselgebilde der übriggebliebenen Laubblätter zur Entwickelung und zwar gleichfalls in absteigender Folge. Ebenso können die Axillarknospen der untern Niederblätter nach einem oder noch mehreren Jahren in Triebe auswachsen, wenn der obere Theil des Rhizoms zu Grunde geht.

Berücksichtigen wir nun bloss die Seitentriebe, welche an der Basis des Stengels, dicht an oder in der Erde entspringen; denn sie sind allein bei der Innovation betheiligt. Dieselben bewurzeln sich und wiederholen morphologisch den Stengel. Sie lassen in ihrer Entwicklung drei Hauptperioden unterscheiden. Zuerst treten sie mit der Niederblattbildung in seltenern Fällen auch sogleich mit der Laubblattbildung als seitliche Knospen auf, dann gelangen sie mit der Laubblattbildung zur Entfaltung einer Rosette und zuletzt zur Bildung von Hochblättern und Blüthenköpfen. Für diese ganze Entwickelung bedarf ein Stengel, je nach seiner spezifischen Organisation und nach den äussern Verhältnissen einer sehr ungleichen Zeitdauer, und da die Sprossbildung an seinem Grunde schon während oder vor der Blüthezeit beginnt, so wiederholt sich der ganze Entwicklungsprocess bei den einen

[redacted]

Hieracien mehrmals während einer Vegetationsperiode, indess er bei andern die ganze Periode ausfüllt und daher jährlich nur einmal eintritt. Bei den letztern besteht das Rhizom aus ebenso vielen Sprossgenerationen als es Jahre zählt. Bei den ersteren können 2—5 Sprossgenerationen desselben einem einzigen Jahre angehören. Es giebt auch alpine Formen, welche normal nur alle zwei Jahre blühen, bei denen somit die Entwickelung des blühenden Sprosses zwei Vegetationsperioden erfordert (H. glanduliferum). Dabei sehe ich von allen Beispielen ab, wo ein Spross accidentell erst nach längerer Zeit zur Blüthe gelangt, indem sein Knospenzustand oder auch sein Rosettenzustand über das gewöhnliche Maass andauert.

Im Herbst, wenn die Vegetetation aufhört, sterben die über der Erde befindlichen Theile ab, auch wenn sie ihren Entwicklungscyclus nicht abgeschlossen haben und zur Fructification gelangt sind. Es dauern nur die Theile unter und an der Erdoberfläche aus. Diese befinden sich, insofern es seitliche Gebilde sind, welche allein im nächsten Jahre zu blühenden Stengeln auswachsen können, bald im Zustande von Knospen, bald von kurzen aufrechten oder von verlängerten niederliegenden Laubtrieben. Ihre Beschaffenheit ist aber verschieden je nach der morphologischen Beschaffenheit der Pflanze und nach der Entwicklungsfolge ihrer seitlichen Gebilde.

Die überwinternden Knospen sind einmal verschieden nach der Zahl der bedeckenden Schuppen. Nur Pflanzen, die zahlreiche Niederblätter bilden, haben grosse reichbeschuppte Knospen (H. boreale, H. umbellatum), während bei denjenigen Arten, deren Stengel nur wenige oder keine Niederblätter hervorbringen, auch die Knospen klein und unvollkommen ausfallen (H. murorum, H. villosum).

Eine andere Verschiedenheit der Knospen wird durch

die mehr fleischige oder häutige Beschaffenheit der Schuppen hervorgebracht. Knospen mit dicken fleischigen Schuppen sind fest und mit nahezu kreisrundem Querschnitte. Sie sind vermöge der reichlichen Reservenahrung offenbar für einen ruhenden Zustand angelegt. Knospen mit häutigen dünnen Schuppen oder Blättern sind weich und zusammengedrückt, nnd für eine ununterbrochene Vegetation bestimmt. Ob eine Knospe die eine oder andere Beschaffenheit annehme, hängt vorzugsweise von deren Lage ab, und wird zunächst durch das raschere oder langsamere Wachsthum bedingt. Befindet sie sich an der Erdoberfläche, so bleiben ihre Blattgebilde häutig und sie wächst sofort aus. Befindet sie sich dagegen unter der Erde, so verdickt sie ihre Schuppen und bereitet sich für einen Ruhezustand vor. Solche wirklich geschlossene Knospen kommen wohl bei allen Hieracien-Arten vor, während diejenigen mit ununterbrochener Entwickelung vielen reichbeblätterten Species gewöhnlich mangeln.

Endlich ist noch eine Bemerkung über die ungleiche Grösse der festen dicken geschlossenen Knospen zu machen, insofern dieselbe von ihrer Stellung in der Entwickelungsreihe der Axillartriebe bedingt wird. Bei einer Pflanze, welche am Grunde des Stengels bloss geschlossene Knospen bildet, sind wegen der absteigenden Entwickelungsfolge die obersten gross; die übrigen nehmen nach unten hin an Grösse allmählich ab. Bei einer Pflanze dagegen, an deren Stengelbasis die Knospen sofort zu Laubtrieben sich entfalten, findet man unterhalb der letztern bloss kleine geschlossene Knospen. Ihre für die Grösse der Pflanze oft auffallende Kleinheit rührt vorzüglich von dem Umstande her, dass es eben die untersten seitlichen Sprosse sind, welche sichtbar werden. Der absteigende Strom von plastischen Stoffen wird zur Entfaltung der obern auswachsenden Knospen verwendet, so dass für die untern geschlossenen

[redacted]

fast nichts mehr übrig bleibt. Daher kommt es, dass bei den meisten Hieracien-Arten die geschlossenen Knospen bisher übersehen, wenigstens nicht erwähnt wurden, weil sie immer nur klein sind.

Die überwinternden Laubtriebe treten immer in der Gestalt von Rosetten auf, die aber mit Rücksicht auf ver-verschiedene Gesichtspunkte verschieden sein können. Erstlich haben sie einen ungleichen Ursprung. Die Mehrzahl ist aus dünnen weichen Knospen mit ununterbrochener Vegetation entstanden (H. murorum etc.). Andere dagegen verdanken ihr Dasein dem vorzeitigen Auswachsen von dicken, festen geschlossenen Knospen, die für die Winterruhe angelegt waren (Accipitrinen).

Ferner haben die Rosetten ein ungleiches Ansehen, je nachdem die Pflanze, der sie angehören, in der betreffenden Region verkürzte oder verlängerte Stengelinternodien hat. Im erstern Falle befinden sich alle Laubblätter sammt den Niederblättern dicht gedrängt beisammen. Im zweiten Falle sind zwar die obern Blätter der Rosette ebenfalls gedrängt, weil die Internodien sich noch wenig gestreckt haben: doch liegen sie nicht ganz so dicht übereinander, wie im ersten Falle. Die untern Blätter der Rosette dagegen sind sehr locker gestellt, oder selbst merklich von einander entfernt. Insoferne können wir also dichte und lockere Rosetten unterscheiden.

Eine andere Verschiedenheit für die überwinternden Rosetten ergiebt sich endlich noch aus dem Umstande, ob die Internodien des Triebes, der in eine Rosette ausgeht, unterhalb derselben sich beträchtlich in die Länge strecken oder nicht. Im letztern Falle sind die Rosetten sitzend oder kurzgestielt. Im erstern befinden sie sich am Ende eines längern mehr oder weniger horizontalen Stieles und treten als Stolonen auf. Ob dieser Stiel mit Niederblättern oder Laubblättern besetzt sei, hängt lediglich von dem Um-

stande ab, ob er in der Erde oder über derselben sich befindet. Soweit der Ausläufer wirklich hypogäisch ist, trägt er nur schuppenförmige und weissliche Niederblätter. Der epigäische Ausläufer hat grüne Blätter. Liegt er dicht an der Erde im Rasen versteckt, so sind seine Blätter zwar grösser und weniger weisslich als die ächten Niederblätter, aber doch kleiner, schmäler und viel blasser als die Laubblätter.

Ich habe noch einen Factor zu betrachten, welcher auf die Innovationsform Einfluss hat, es ist die Länge der Vegetationsperiode oder das Clima im Allgemeinen und die Witterung insbesondere, namentlich die des Herbstes. Diese Verhältnisse sind besonders für diejenigen Arten wichtig, welche während eines Jahres bloss einmal den vollständigen Entwickelungscyclus von der Niederblattbildung bis zur Fructification zu absolviren vermögen. Kommt eine solche Art in eine Gegend mit wärmerem Clima und folglich mit längerer Vegetationsperiode, oder wird ohne Ortsveränderung die Vegetationsperiode durch einen wärmern Sommer oder durch einen schönen und späten Herbst verlängert, so geht die Entwickelung der Pflanze einen Schritt weiter und sie kann dadurch bei einer andern Innovationsform anlangen. Im umgekehrten Fall, wenn nämlich die Vegetation durch ungünstige Witterung oder eine andere Ursache abgekürzt wird, kann die Innovation auf einer frühern Stufe stehen bleiben. Zur Erläuterung mögen folgende zwei Beispiele dienen.

Eine reichbeblätterte Hieracien-Art treibe jährlich einmal blühende Stengel, an deren Grund im Herbste geschlossene Knospen ausgebildet werden. Eine aussergewöhnlich verlängerte Vegetationsperiode bewirkt, dass die obern dieser Knospen zu Rosetten auswachsen, und dass daher die Pflanzen, statt wie gewöhnlich mit geschlossenen unterindischen Knospen, nun mit grünen oberflächlichen Blätter-

[redacted]

büscheln überwintern. Das gleiche Resultat kann unter Umständen auch durch eine besonders reichliche Ernährung hervorgebracht werden.

Als zweites Beispiel treibe eine mässig beblätterte Art jährlich gleichfalls nur einmal blühende Stengel; an deren Basis entwickeln sich aber im Herbste Blattrosetten. Wird in Folge kalter Witterung oder in Folge frühen Einwinterns die Vegetationsperiode verkürzt, so können sich die Knospen am Grunde des Stengels nicht mehr entfalten, und die Pflanzen überwintern mit Knospen, statt mit Rosetten. — Tritt dagegen bei der nämlichen Art in irgend einer Weise eine Verlängerung der Vegetation ein, so wachsen die Rosetten, welche den Winter hätten ausdauern sollen, in blühende Stengel aus, welche nun an ihrem Grunde bloss noch Knospen, nicht aber Rosetten zu bilden vermögen. Auch in diesem Falle überwintern die Pflanzen mit Knospen und nicht mit Rosetten.

Es giebt Hieracien-Arten, bei denen normal zweimal oder mehrmals während eines Jahres blühende Stengel gebildet werden. Wenn die Sprossgenerationen dabei streng von einander geschieden sind, so ist der Erfolg einer Verlängerung oder Verkürzung der Vegetationsperiode für die Innovation der einzelnen Pflanze der nämliche, wie bei denjenigen Arten, welche normal nur einen Jahrestrieb hervorbringen. Wir beobachten namentlich, dass die Rosetten durch Knospen ersetzt werden. Doch zeigt sich darin eine Differenz, dass bei den Arten, welche normal nur einmal blühen, in der Regel alle Pflanzen oder doch die grosse Mehrzahl in der Innovation übereinstimmen. Bei denjenigen Species dagegen, welche mehrmals im Laufe des Jahres blühen, weichen die Pflanzen verschiedener Standorte und oft selbst die der gleichen Localität in der Innovation von einander ab. Die einen überwintern mit Knospen, die andern mit Rosetten. Diess rührt daher, weil die ver-

schiedenen Pflanzen nicht gleichzeitig ihre Entwickelungsphasen durchlaufen. Die einen blühen und legen Wurzelknospen an, indess andere dieselben bereits zu Rosetten ausbilden.

Ferner giebt es Arten, bei denen ebenfalls während einer Vegetationsperiode mehrere Stengelgenerationen zur Blüthe gelangen, wo aber diese Generationen der Zeit nach nicht strenge geschieden sind. Hier dauert das Blühen an einem Stock fast ununterbrochen fort, und ebenso die Anlage von Wurzelknospen und die Ausbildung derselben zu Rosetten. Die Verkürzung oder Verlängerung der Vegetation hat bloss noch für den einzelnen Spross, nicht aber für den ganzen Pflanzenstock Bedeutung. Dieser trägt mehrere Stengel, die in ungleichen Entwickelungsphasen sich befinden, und von denen die einen mit Knospen, die andern mit Rosetten an der Basis versehen sind. Man findet daher immer, die Vegetationsperiode mag früher oder später abschliessen, beide Innovationsformen beisammen.

Ein eigenthümliches Verhalten zeigen die ausläufertreibenden Arten. Die Bildung der Stolonen beginnt sehr frühzeitig, nämlich schon mit oder selbst vor der Anlegung der Blüthenschäfte und verläuft sehr rasch, während mit der Bildung der an ihrem Ende befindlichen Rosette ein Stillstand eintritt. Daher überwintern diese Arten meist mit Stolonen (gestielten Rosetten), seltener mit sitzenden (noch in der Blattachsel befindlichen) Knospen.

Nachdem ich die verschiedenen Innovationsformen sammt deren Beziehungen zu den Organisationsverhältnissen und den äussern Einflüssen im Allgemeinen dargelegt habe, will ich das Verhalten bestimmter Hieracien-Arten betrachten

[redacted]

und daran dann einige Bemerkungen über die systematische Anwendung der Innovationsmerkmale knüpfen.

Ich beginne mit den Accipitrinen und nenne unter den beobachteten Species folgende: H. umbellatum Lin., H. latifolium Spreng., H. rigidum Hartm., H. brevifolium Tausch, H. eriophornm prostratum DC., H. boreale Fr., H. sabaudum Lin., H. robustum Fr., H. foliosum W. Kit., H. crocatum Fr., H. auratum Fr., H. hirsutum Tausch, H. elatum Fr., H. strictum Fr., H. prenanthoides Vill., H. lycopifolium Froel., H. tridentatum Fr., H. norvegicum Fr., H. gothicum Fr.

Die genannten Arten verhalten sich alle im wesentlichen gleich. Die überwinternden Knospen entwickeln sich zu einem reichbeblätterten Stengel. Die Laubblätter sind alle mehr oder weniger von einander entfernt, und bilden keine Rosette. Ausnahmsweise können sie höher oder tiefer am Stengel zusammengedrängt sein. Die untern Blätter sterben frühzeitig ab, so dass der Stengel unten nackt wird. Die Blüthezeit tritt spät und nur einmal ein; bloss abgeschnittene Pflanzen können zum zweiten Mal blühen. Die Axillarknospen am untern und mittlern Theil des Stengels bleiben unentwickelt. Dagegen werden im Nachsommer am Grunde des Stengels und fast immer unter der Erdoberfläche einige geschlossene Knospen von fester Consistenz und weisser Farbe angelegt. Dieselben sind verschieden an Grösse und Gestalt, bald sehr gross, bald mittelgross, bald rundlich-oval, bald länglich oder lanzettlich.

Wenn man mehrere Arten, die sich auf dem nämlichen Standorte beisammen finden, zur nämlichen Zeit untersucht, so giebt die Beschaffenheit der Knospen zuweilen constante Differenzen. Für solche vergleichende Untersuchungen eignet sich besonders der Garten. Doch muss man hiebei mit grosser Vorsicht verfahren, weil die Knospen schon im

Herbste anfangen auszuwachsen, und dabei grösser und länger werden.

In der zweiten Hälfte des Oktober 1864, als ich zum ersten Mal Beobachtungen über die Innovation aller im hiesigen botanischen Garten cultivirter Hieracien anstellte, hatten die meisten der oben genannten Arten ganz geschlossene Knospen, indem die Schuppen genau anlagen. Bei einigen jedoch waren sie nur halb geschlossen, indem die obern Schuppen etwas abstanden. Ich bin jetzt überzeugt, dass darin kein anderer Unterschied liegt, als der, dass bei den einen Arten die vollkommen geschlossenen Knospen sich früher zu entwickeln beginnen als bei andern.

Die Accipitrinen überwintern aber nicht bloss mit unterirdischen Knospen. Die letztern können nämlich schon im Herbste mehr oder weniger auswachsen und eine über der Erdoberfläche befindliche grüne Blattrosette bilden. Es hängt diess von der Witterung des Herbstes und von der Lage der Knospen ab, indem anhaltende Wärme und geringe Entfernung von der Erdoberfläche die vorzeitige Entfaltung begünstigen. Ueberdem kommt aber auch die Natur der Pflanze in Betracht.

Was zuerst die Lage der Knospen betrifft, so können wir als Regel festhalten, dass an dem nämlichen Pflanzenstocke eine Knospe um so eher auswächst, je höher sie inserirt ist. Wir finden daher am gleichen Stengel die Knospen in verschiedenen Entwickelungsstadien. Die oberste hat sich z. B. in eine grössere grüne Rosette, die zweitoberste in eine kleinere blassgrüne Rosette entfaltet. Die dritte fängt an auszuwachsen und ist noch weisslich; die vierte sammt den folgenden ist geschlossen und weiss. Da nun bei den verschiedenen Pflanzen der gleichen Art die Knospen ungleich hoch an dem Wurzelstocke inserirt sind, so tritt auch die Rosettenbildung ungleichzeitig ein. Im gleichen Satze sind oft die einen Stengel im Herbste mit

grünen Blätterbüscheln versehen, die andern nicht. Es ist überflüssig, bestimmte Species aufzuführen; da ich an allen obgenannten Arten einzelne überwinternde Rosetten beobachtet habe.

Der Einfluss der äussern Verhältnisse besonders der Temperatur giebt sich deutlich zu erkennen, wenn man die gleiche Pflanze in verschieden exponirten Lagen oder in verschiedenen Jahren beobachtet. Sätze der nämlichen Art, die im Münchner Garten an sonnigen, warmen, trockenen Stellen sich befinden, überwintern zuweilen mit Rosetten, während solche, die in schattigen und kalten Lagen wachsen, bloss Knospen besitzen. — Ich untersuchte die Innovation aller unserer Hieracien in der zweiten Hälfte des Oktobers im Jahre 1864 und 1866, und war erstaunt über die Wirkung des warmen und trockenen Herbstes im letztern Jahr. Die nämlichen Pflanzen der Accipitrinen, welche im Herbste 1864 bloss Knospen besassen, zeigten jetzt mehrere Rosetten, und diejenigen, welche damals einige Rosetten hatten, waren jetzt mit zahlreichen Blätterbüscheln versehen.

Auch die spezifische Natur kommt bei der vorzeitigen Entfaltung der Knospen zu Rosetten in Betracht. Die einen Species sind dazu vielmehr geneigt als die andern. Im Allgemeinen lässt sich festhalten, dass die Pflanzen um so später ihre unterirdischen Knospen entfalten, je strenger sie aphyllopod sind, je höher am Stengel hinauf die Blätter absterben. Bei Arten, welche noch im Herbste vegetirende Laubblätter an der Basis des Stengels haben, findet man auch besonders häufig überwinternde Rosetten.

Zu den letztern gehört H. prenanthoides Vill., welches übrigens in verschiedenen, mehr oder weniger aphyllopoden Varietäten vorkommt. Bei einer weniger aphyllopoden Varietät fand ich Ende August und Anfang September des Jahres 1864 im Oberengadin (bei 5300 bis 6300 Par. Fuss ü. M.) nicht selten Rosetten neben den ge-

schlossenen Knospen, während eine Varietät mit strengerer Aphyllopodie gegen Ende Oktober im Münchner Garten noch ohne Blätterbüschel war.

Zu den Arten, welche häufiger als die andern Accipitrinen mit Rosetten überwintern, gehören auch H. tridentatum Fr. und H. gothicum Fr. Bei diesen beiden Species scheint es gleichfalls verschiedene Formen zu geben, welche sich ungleich verhalten. Bei H. tridentatum, welches in der Umgebung Münchens wächst, fand ich Ende Oktober 1864 bloss geschlossene unterirdische Knospen. Im Val Bevers des Oberengadins (bei 5400′) zeigten sich an derselben Art gegen Ende August des nämlichen Jahres neben geschlossenen Knospen viele auswachsende Knospen und einzelne kleine Rosetten. Bei Bergün im Canton Graubündten (bei 3600′) hatten die Pflanzen schon am 12. Aug. hin und wieder schöne grüne Blätterbüschel. Ebenso zeigten mehrere Sätze von H. tridentatum im Münchener Garten ungleiche Innovationserscheinungen, indem die einen gegen Ende Oktober des Jahres 1864 ohne Rosetten, die andern mit ziemlich vielen schönen Rosetten versehen waren.

Ein ähnliches Verhalten zeigen auch H. albidum Vill., H. cydoniaefolium Vill. und H. picroides Vill. Sie besitzen unterirdische Knospen, die aber häufig im Herbste noch in kleine Rosetten auswachsen; wenigstens wird letzteres im Garten beobachtet. Gegen Ende Oktober 1866 hatte H. albidum am Grunde der Stengel kleinere oder grössere Rosetten, ausserdem auswachsende Knospen und ziemlich kleine geschlossene Knospen. Von H. cydoniaefolium und H. picroides finden sich 12 Sätze in unserm Garten, die aus verschiedenen Gegenden der Schweizer- und Tyroler-Alpen stammen und aus Samen erzogen wurden. Diejenigen, die im Frühjahre 1866 ausgesäet worden waren und im Spätsommer geblüht hatten, besassen gegen Ende Oktober meistens bloss unterirdische geschlossene Knospen;

[redacted]

nur einzelne kleine Rosetten wurden hie und da sichtbar. Von denjenigen Sätzen dagegen, welche vom Jahre 1865 herstammten, hatten einzelne ebenfalls bloss spärliche Rosetten; die Mehrzahl dagegen war damit in grösserer Menge versehen. Die Rosetten waren aber durchgehends klein und sie mangelten immer vielen Stengeln eines Satzes.

Ganz ähnlich wie die letztgenannten Arten der Accipitrinen (nämlich wie H. tridentatum, H. prenanthoides und H. picroides) verhalten sich ferner einige Formen, die in den botanischen Gärten meist als H. saxatile, zuweilen auch als H. coronopifolium gehen, und die von dem ächten H. glaucum All. und H. saxetanum Fr. durch aphyllopode Stengel abweichen, während die übrigen Merkmale ziemlich übereinstimmen [1]. Sie haben unterirdische, geschlossene Knospen. Dieselben sind von ansehnlicher Grösse, ziemlich lang und dünn. Manche derselben können im Herbste noch in kleine Rosetten auswachsen. Doch hängt diess, wie bei den Accipitrinen, wesentlich von der Witterung ab. Der nämliche Satz, welcher in der Mitte des Oktober 1864 bloss geschlossene oder fast geschlossene Knospen besass, hatte zu gleicher Zeit im Jahre 1866 ziemlich viele kleine Rosetten, wobei sich die einzelnen Stengel sehr verschieden verhielten. Einige hatten weder Knospen noch Rosetten, andere bloss geschlossene Knospen, noch andere geschlossene und auswachsende Knospen; viele endlich hatten neben den geschlossenen und auswachsenden Knospen noch Rosetten. Die Rosetten lagen durchschnittlich etwas, doch nur wenig, höher als die Knospen. — Andere Sätze zeigten weder 1864 noch 1866 Blätterbüschel.

---

1) Eine hieher gehörige Form wurde in den Hieracia europaea exsiccata von E. Fries und Fr. Lagger als H. calcareum Bernh. ausgegeben.

Diese Formen von „H. saxatile" sind nicht die einzigen unter den Aurellen und Pulmonareen von Fries, die mit geschlossenen Knospen überwintern, oder denen während des Winters die Rosetten mangeln. Wir treffen diese Erscheinung noch bei verschiedenen andern Arten, bald als Regel, bald mehr als Ausnahme. Es giebt auch Arten, welche einen Mittelzustand zwischen der Innovation durch geschlossene Knospen und derjenigen durch Rosetten zeigen, so dass man im Zweifel ist, welchem der beiden Typen sie näher stehen.

Unter den Pulmonareen, welche mit Knospen überwintern, nenne ich eine Form von H. vulgatum, welche unter diesem sowie auch unter andern Namen in den botanischen Gärten sich befindet', und welche von dem ächten H. vulgatum bloss durch die hypophyllopoden Stengel verschieden ist, indem nämlich die Wurzelblätter während der Blüthezeit absterben. Von den ziemlich grossen geschlossenen Knospen wachsen manche schon im Herbste zu kleinen Rosetten aus. Doch sah ich im Winter 1864/65 einen ganzen Satz bloss mit geschlossenen Knospen und gänzlich ohne Blätterbüschel.

Ferner erwähne ich noch H. Sendtneri Näg. (H. ramosum Auct., non W. K.; H. argutidens Fr. var. monacense), welches sicher mit H. vulgatum nahe verwandt ist[2]). Dasselbe hatte Ende Oktober 1864 auf seinem natürlichen Standorte geschlossene Knospen. Nur wenige Stöcke waren mit einer kleinen Rosette versehen. Zwei Sätze im Münchner Garten, die von der nämlichen Lokalität herstammen, zeigten Ende Oktober 1866 folgendes Verhalten. Am Grunde vieler Stengel befanden sich bloss kleine ge-

---

2) Neben diese Art wird es auch von Fries gestellt in den Hieracia europaea exsiccata.

schlossene Knospen. Bei anderen waren über den kleinen geschlossenen Knospen zwei bis vier grössere, entweder noch ganz geschlossen oder schon im Auswachsen begriffen. Bei einigen hatte auch die oberste sich in eine kleinere oder grössere Rosette verwandelt. Fig. 14 zeigt eine Pflanze, welche bloss geschlossene Knospen, grössere (g) und kleinere (h) besitzt.

Ein gleiches Verhalten zeigt unter den Aurellen eine Form von H. bupleuroides. Mitte Oktober 1864 hatte dieselbe in unserm Garten keine Rosetten, wohl aber grosse unterirdische geschlossene Knospen und daneben solche, die im Auswachsen begriffen waren. Mitte Oktober 1866 fand ich 1) Stengel ohne Knospen und Rosetten, 2) solche bloss mit geschlossenen Knospen, 3) solche mit geschlossenen und mit auswachsenden Knospen, und endlich 4) Stengel mit geschlossenen, mit auswachsenden Knospen und mit kleinen Rosetten.

Hier schliesst sich auch eine Form von H. speciosum an, die in den Gärten kultivirt wird. Sie ist ziemlich aphyllopod und hat ansehnliche geschlossene unterirdische Knospen, von denen aber die obersten meistens noch im Herbste in kleine Blätterbüschel auswachsen.

Unter den Aurellen, deren Innovation ebenso sehr den Typus der Rosetten als den der geschlossenen Knospen trägt, nenne ich H. compositum Lap. Dasselbe zeigte Ende Oktober 1866 schöne grosse geschlossene Knospen, wie sie bei den Accipitrinen vorkommen, aber auch schöne grosse Rosetten, wie sie sonst nur bei manchen Pulmonareen beobachtet werden. An manchen Stengeln waren beide beisammen, und zwar, wie immer, die Knospen unterhalb der Blätterbüschel.

Auch H. hispidum Fr. kann als eine Art bezeichnet werden, deren Innovation genau die Mitte hält. In unserm Garten befinden sich davon 11 Sätze, die aus Samen von

verschiedenen Lokalitäten der Schweizer- und Tyroler-Alpen aufgegangen sind. Sie haben theils geschlossene Knospen, theils grössere und kleinere Rosetten. Die verschiedenen Sätze und die einzelnen Pflanzen des gleichen Satzes verhalten sich ziemlich ungleich. Es giebt Sätze, die Ende Oktober 1866 sehr zahlreiche, andere die nur wenige Blätterbüschel zeigten; ebenso Pflanzen, die bloss geschlossene Knospen, andere, die fast nur Rosetten besassen.

Die gleichen Beobachtungen wie bei H. hispidum lassen sich bei H. juranum Fr. und bei einigen andern Arten machen, die auch in ihren übrigen Eigenschaften zwischen ausgesprochenen Aurellen oder Pulmonareen und ausgesprochenen Accipitrinen in der Mitte stehen.

Bei der Mehrzahl der Aurellen und Pulmonareen wiegt die Innovation durch Rosetten entschieden vor. Die geschlossenen Knospen mangeln zwar nicht, aber sie sind kleiner und in geringerer Zahl vorhanden. Die Blätterbüschel sind grösser und mangeln viel seltener. Ich nenne unter den Arten, die ich nicht bloss auf den natürlichen Standorten, sondern auch im kultivirten Zustande, oder auch ausschliesslich im letztern beobachtete: H. alpinum Lin., H. ligusticum Fr., H. pulmonarioides Vill., H. amplexicaule Lin., H. mixtum Froel., H. longifolium Schleich., H. cerinthoides Lin., H. incisum Hoppe, H. villosum Lin., H. glaucum All., H. tomentosum Ger., H. andryaloides Vill., H. pictum Schl., H. humile Jacq., H. lacerum Reut., H. pallidum Biv., H. oxydon Fr., H. murorum Lin., H. subcaesium Fr., H. atratum Fr., H. vulgatum Fr., H. canescens Schl., H. anfractum Fr.

Doch zeigt sich unter den aufgezählten Arten eine ziemliche Verschiedenheit, indem die einen sich noch mehr oder weniger dem Typus der Innovation durch Knospen zuneigen, was bald als normale bald als exceptionelle Er-

[redacted]

scheinung aufzufassen ist. So fand ich im Herbste 1866 bei H. tomentosum Ger. die einen Stengel mit kleinen Rosetten, die andern bloss mit Knospen. Die Art überwintert sonst normal mit Blätterbüscheln. Ob bei unserer Pflanze das ungewöhnliche Klima oder der Umstand, dass sie ein einjähriger Sämling war, als die Ursache der ungewöhnlichen Erscheinung zu betrachten ist, kann ich noch nicht entscheiden.

Ich will noch einzelne spezielle Beispiele anführen, um das manigfaltige Verhalten der Arten zu zeigen, denen die Systematiker schlechthin eine Innovatio per rosulas zu geschrieben haben.

In der ersten Hälfte des September 1864 untersuchte ich im Oberengadin (5300—6000′ ü. M.) und im Aversthal (6000′) eine Menge Exemplare von H. villosum. Ich konnte nicht eine einzige Rosette finden, obgleich bei vielen Pflanzen Stengel und Blätter vollkommen vertrocknet und abgestorben waren. Es befanden sich am Grunde der Stengel bloss Knospen von geringer Grösse und ziemlich weich, der Mehrzahl nach mit vollkommen anliegenden Schuppen. Ganz ähnliche, nur etwas festere Knospen zeigte eine Form von H. prenanthoides, welche auf den nämlichen Standorten wuchs; letztere hatte aber ausser den Knospen auch einzelne kleine Rosetten.

Dass die Knospen von H. villosum nicht etwa noch im nämlichen Herbste zu Blätterbüscheln sich entwickelten, sondern wirklich überwinterten, ist aus innern und äussern Gründen vollkommen sicher. Denn einerseits beweisen die abgestorbenen trockenen Stengel, dass die Pflanzen eingezogen hatten. Anderseits war in jenen hochgelegenen Gegenden der Winter vor der Thüre. In der That fiel schon den 12. September, am Tage, nachdem ich die letzten Beobachtungen im Avers gemacht hatte, ein $1\frac{1}{2}$ Fuss tiefer

Schnee, welcher die Wege ungangbar machte und mich zwei Tage in dem Alpenthale gefangen hielt.

Dagegen fand ich 1866 ebenfalls in der ersten Hälfte des September im obern Wallis und in den angrenzenden Thälern von Piemont bei H. villosum neben den Knospen fast immer auch einzelne kleine Blätterbüschel.

Im Münchner Garten hatte H. villosum Ende Oktober 1864 viele unterirdische geschlossene Knospen, klein, weiss und von geringer Festigkeit. Andere waren im Auswachsen begriffen, verlängert und schmächtig. Nur wenige hatten 1 oder 2 kleine grünliche Blätter entfaltet. — Ende Oktober 1866 war ein anderer Satz der gleichen Art mit zahlreichen kleinen Rosetten versehen.

H. cerinthoides Lin., welches sich in vielen Sätzen in unserm Garten befindet (es wurde unter verschiedenen Namen aus andern Gärten bezogen), bot Ende Oktober 1864 übereinstimmend folgendes Verhalten dar. Am Grunde der trockenen und abgestorbenen Stengel befanden sich 1—3 grössere Rosetten und unterhalb derselben ziemlich kleine aber schöne geschlossene Knospen in der Zahl von 2—6. Die letztern nahmen von unten nach oben an Grösse zu. Zwischen ihnen und den Rosetten wurde der Uebergang oft durch eine auswachsende Knospe in den verschiedensten Stadien vermittelt. Von den Rosetten selbst, die theils unbewurzelt theils bewurzelt waren, zeichnete sich gewöhnlick die oberste durch stärkere Ausbildung aus.

Die Stengel dagegen, welche vor Kurzem erst geblüht hatten und sammt den Blättern noch grün waren, wichen insofern ab, als sie noch keine ausgebildeten Rosetten hatten. Die einen zeigten an ihrem Grunde bloss kleine geschlossene Knospen. Die andern hatten über den geschlossenen auch auswachsende Knospen. Nur bei wenigen war die oberste Knospe so weit ausgewachsen, dass 2—3 sehr kleine grünliche Blätter den Anfang einer Rosette darstellten. Also

auch bei dieser Art giebt es Pflanzen, welche mit, und solche, welche ohne Blätterbüschel überwintern.

Ich will hier noch einer Erscheinung erwähnen, die zwar auch bei andern Arten der Aurellen und Pulmonareen beobachtet, aber doch besonders schön bei H. cerinthoides gesehen wurde. Es sind diess Rosetten, die allein am Ende eines ziemlich kurzen, (etwa zoll-langen) unterirdischen Stengels stehen. Sie erinnern an eine Innovationsform, die vorzugsweise bei einigen Piloselloiden (besonders H. cymosum Lin.) auftritt. Diese Triebe sind aus den untersten und kleinsten Knospen des Rhizoms hervorgegangen. Sie bedurften wegen ihres langsamen Wachsthums einer ganzen Vegetationsperiode um einen Blätterbüschel zu bilden, und werden im nächsten Jahre zur Blüthe gelangen. Einige scheinen auch zwei Jahre alt zu sein, so dass sie zur vollständigen Ausbildung drei Vegetationsperioden nöthig haben.

Dieses letztere Verhalten kommt bei hochalpinen Arten, namentlich bei H. glanduliferum Hoppe normal vor. Ich untersuchte die Innovation dieser Art in der ersten Hälfte des September 1864 im Oberengadin (6000—8000′ ü. M.). Von allen Pflanzen hatte in diesem Jahre kaum mehr als der dritte Theil geblüht. In den Blattachseln dieser abgeblühten Gewächse befanden sich 1 oder 2 kleine Blätterbüschel und unterhalb der Blätter am Rhizom einzelne kleine geschlossene Knospen. Die Exemplare, die dieses Jahr nicht zur Blüthe gelangt waren, bestanden bloss aus einer Blattrosette, welche in der Regel keine seitlichen Blätterbüschel gebildet hatte. Dagegen mangelten auch hier die kleinen geschlossenen Knospen nicht; sie befanden sich aber in den Achseln der grünen Blätter, wo bei den blühenden Pflanzen sich die überwinternden Blätterbüschel entwickelt hatten.

H. glanduliferum vollendet also den ganzen Entwickelungscyclus des blühenden Triebes in 3 Jahren. Im

ersten Jahre wird eine geschlossene Knospe, im zweiten Jahre eine Blattrosette und im dritten Jahre der blühende Schaft gebildet. Dem entsprechend überwintert der Spross das erste Mal als Knospe, das zweite Mal als Rosette. Ausnahmsweise kann die Entwickelung in zwei Jahren sich vollenden, wenn nämlich in den Blattachseln der blühenden Pflanze sich statt der Knospen einmal ein Blätterbüschel bildet. Viel häufiger kommt es vor, dass ein Spross nicht schon im dritten, sondern erst im vierten Jahre zur Blüthenbildung gelangt; — indem er zwei Jahre im Knospenzustande oder zwei Jahre im Rosettenzustande verharrt.

Die kleinen geschlossenen Knospen, welche am Rhizom unterhalb der Laubblätter sich befinden, sind Axillarknospen früherer Jahre. Dieselben können ohne Zweifel ebenfalls zur Entwickelung gelangen. Sie werden aber jedenfalls langsamer wachsen und daher erst im fünften, sechsten, siebenten Jahre (nach ihrer ersten Anlage) zur Blüthe kommen, nachdem sie mehrmals als Knospen und ein oder mehrmals als Rosetten überwintert haben.

Ich habe bereits oben einer Form von H. vulgatum erwähnt, welche, wie die Accipitrinen, mit grossen geschlossenen unterirdischen Knospen den Winter überdauert. Gewöhnlich verhält sich die Innovation dieser Art anders. So zeigten Ende Oktober 1864 mehrere Sätze im Münchner Garten am Grunde jedes Stengels 1, 2 und 3 Rosetten und meistens unterhalb derselben einige geschlossene Knospen. Letztere waren häufig sehr klein; zuweilen jedoch hatte die eine und andere eine ziemliche Grösse und glich vollkommen denjenigen mancher ächter Accipitrinen (namentlich H. tridentatum und H. prenanthoides). Ein Satz besass ausser den ziemlich kleinen geschlossenen Knospen bloss ganz kleine Blätterbüschel. In jedem Satz gab es ferner einzelne Pflanzen ohne Rosetten. Ende Oktober 1866 machte ich im Wesentlichen dieselben Beobachtungen.

H. vulgatum kann, wie H. murorum und die meisten Pulmonareen, in einem Sommer mehrere Stengel treiben, d. h: es können die am Grunde eines Stengels befindlichen Knospen, welche bei den Accipitrinen erst im folgenden Jahre sich entwickeln, schon in der nämlichen Vegetationsperiode zur Blüthe und Frucht gelangen. Es kann sich dieser Process selbst noch einmal wiederholen und auch die dritte Sprossgeneration blühen. Davon nun, ob eine Pflanze eine oder mehrere Sprossgenerationen entwickelt habe, hängt es, wie ich schon eingangs auseinander setzte, oft ab, ob ein Pflanzenstock von H. vulgatum, H. murorum und andern Arten mit Knospen oder mit Blätterbüscheln überwintere.

Ende Oktober 1864 machte ich an kultivirten und an wildwachsenden Pflanzen von H. vulgatum mehrfach die Beobachtung, dass nur dann ausschliesslich Knospen vorhanden waren, wenn eine zweite und dritte Generation von Stengeln geblüht, dagegen Rosetten und Knospen, wenn bloss die erste Sprossgeneration sich entwickelt hatte. — Die Figuren 10, 11, 12 geben halbschematische Darstellungen von diesen Verhältnissen. I.—I. ist der Spross der ersten Ordnung, II.—II. und III. der zweiten und dritten Ordnung. Die schraffirten Stengel sind abgestorben. 10 und 11 haben nur Knospen (g). 12 hat über den geschlossenen Knospen (g) eine auswachsende Knospe (s) und eine Rosette (r).

Auf einem Standorte (im Kapuzinerholz bei München) fand ich keine Rosetten an H. vulgatum. Die einen Pflanzen aber hatten bloss geschlossene Knospen, bei den andern waren die untern Knospen geschlossen und von weisser Farbe, die obern dagegen im Auswachsen begriffen, bis 15 Millim. lang und an der Spitze grünlich. Jenes waren Stöcke, die mit zwei oder drei Sprossgenerationen

geblüht hatten, dieses solche, die nur mit einer Generation zur Blüthe gelangt waren.

Eine eben so grosse oder noch grössere Verschiedenheit der Innovation trifft man bei H. murorum Lin. und den manigfachen Formen dieser veränderlichen Art. Doch bemerke ich sogleich, dass die verschiedenen Innovationen nicht etwa die verschiedenen Varietäten charakterisiren, sondern dass sie bei der nämlichen Varietät gefunden werden. Meistens beobachtet man im Herbste einige Rosetten am Grunde des Stengels und unterhalb derselben einige weiche ungeschlossene Knospen. Nicht selten kommen noch tiefer am Rhizom auch kleine feste geschlossene Knospen vor.

Es giebt Formen von H. murorum, welche mit ihrer Innovation einige Annäherung an mehrere Accipitrinen (H. prenanthoides, H. tridentatum) zeigen, indem bei ihnen die geschlossenen Knospen eine für die Species ungewöhnliche Grösse haben. Ende Oktober 1864 beobachtete ich am Grunde der Stengel einer solchen im Garten kultivirten Form, ausser 1—2 Rosetten, schöne geschlossene Knospen und alle Uebergänge zwischen diesen und jenen. Bei manchen Stengeln waren nur die Knospen vorhanden, indem an der Stelle der Rosetten sich blühende Triebe befanden. Die Figuren 3—6 stellen einige der beobachteten Fälle halbschematisch dar. Die Sprosse der ersten Generation (I.) wurden im Jahre vorher, die Sprossgenerationen II., III. und IV. in diesem Jahre angelegt. Die schraffirten Stengel sind vertrocknet. Fig. 4 und 5 unterscheiden sich nur dadurch von einander, dass die Rosette r von Fig. 4 sich in Fig. 5 schon zu einem blühenden Stengel (III) entwickelt hat, so dass die erstere Pflanze mit einer Rosette und mit Knospen, die letztere bloss mit Knospen überwintert.

Eine andere Form von H. murorum, welche unter

dem Namen H. Verloti Jord. erhalten worden war, besass Ende Oktober 1864 gar keine Rosetten, sondern bloss kleine feste geschlossene Knospen unter der Erde, und oberhalb derselben einige weiche ungeschlossene Knospen, die wegen ihrer hohen Lage offenbar sämmtlich bestimmt waren abzusterben und z. Th. auch wirklich schon vertrocknet waren. Fig. 7 giebt eine halbschematische Abbildung einer solchen Pflanze; g′ sind die verwelkten Knospen. — Im Herbste des Jahres 1866 hatte der gleiche Satz eine Menge von Rosetten.

Mitte Oktober 1864 blühte H. murorum an einem feuchten waldigen Abhange des Starnbergersees in grosser Menge; viele Pflanzen waren erst im Aufblühen begriffen. An allen diesen Gewächsen mangelten die Rosetten vollständig. Die Knospen in den Achseln der obern Laubblätter waren meist so klein (2—3 Millim.), dass man sie erst nach Entfernung der Blätter bemerkte; nur wenige erreichten eine Länge von 5—10 Millim. Diese Knospen waren weich und zusammengedrückt. Auf dem ziemlich grossen Standorte fand ich nur wenige Pflanzen mit vertrockneten Stengeln; und bloss diese hatten Rosetten, die aber sämmtlich sehr klein waren.

Ich beschränke mich auf die erwähnten drei Beispiele. Sie zeigen, dass H. murorum, statt mit Blätterbüscheln, zuweilen bloss mit ziemlich grossen geschlossenen Knospen, oder mit kleinen geschlossenen festen Knospen, oder mit mehr und weniger geschlossenen weichen Knospen überwintert. Es ist überflüssig, andere Beobachtungen aufzuzählen, welche ähnliche Resultate gegeben haben. Bloss möge hier noch die Bemerkung folgen, dass man zuweilen an dem Rhizom von H. murorum höher oder tiefer eine einzelne ziemlich grosse geschlossene Knospe findet; sie kommt nicht bloss bei Pflanzen vor, welche unter den Rosetten oder statt derselben ziemlich grosse geschlossene

Knospen besitzen, sondern auch bei solchen, welche bei Abwesenheit der Blätterbüschel mit kleinen Knospen überwintern. Fig. 13 zeigt uns den erstern Fall. Es ist der Wurzelstock einer im Geröll gewachsenen Pflanze zu Ende des Oktober. Am Grunde des ganz entblätterten Stengels sieht man eine winzige Rosette mit einem einzigen kleinen grünlichen Blatt (r), eine auswachsende Knospe (s) und drei ziemlich grosse geschlossene Knospen (g). Eine andere grosse und schöne geschlossene Knospe (h) befindet sich ziemlich tiefer an dem mit I. bezeichneten Trieb.

Mehr noch als das ächte H. murorum ist H. subcaesium Fr. geneigt, mit Knospen zu überwintern. Beide Formen wachsen unweit Münchens an trockenen Abhängen beisammen. Ende Oktober 1864 waren alle Stengel von H. subcaesium trocken und auch die Blätter grösstentheils abgestorben. Eigentliche Rosetten fand ich keine. Die meisten Pflanzen hatten kleine geschlossene Knospen; die oberste derselben war bisweilen ziemlich grösser, aber doch noch vollkommen geschlossen. Bei der kleinern Zahl der Stöcke war die oberste Knospe im Auswachsen begriffen, hatte auch wohl ein einziges, kleines, grünliches Blatt entwickelt.

Ich schliesse die spezielle Aufzählung von Arten der Sectionen Aurella und Pulmonarea mit einer Pflanze, die zwischen der soeben genannten Species und H. glaucum in der Mitte steht und mit beiden auf dem nämlichen Standorte bei München vorkommt. H. canescens Schleich. hatte Ende Oktober 1864 auf seiner natürlichen Lokalität an den einen Stöcken Rosetten und unterhalb derselben einige kleine geschlossene Knospen, an den andern Stöcken bloss geschlossene ziemlich kleine Knospen. Ende Oktober 1866 verhielt sich ein Satz im botanischen Garten in München ebenso, nur waren die rosettentragenden Stengel verhältnissmässig

viel zahlreicher. Es vereinigt also auch diese Pflanze die zwei Innovationen, und stimmt darin mit den beiden Arten überein, zwischen denen sie die Mitte hält.

---

31. Ueber die Innovation bei den Hieracien und ihre systematische Bedeutung. (II. Th.)

(Vorgetragen den 15. Dezember 1866.)

In der letzten Mittheilung habe ich die Beziehungen der verschiedenen Innovationsformen zu den Organisationsverhältnissen und zu den äussern Einflüssen im Allgemeinen erörtert und darauf das Verhalten verschiedener Arten von Archieracien (Accipitrinen, Pulmonareen und Aurellen) im Einzelnen dargelegt. Ich werde zunächst noch die Innovation bei einzelnen Formen der Gruppe der Piloselloiden untersuchen und dann auf die Frage der systematischen Bedeutung eintreten.

Die Piloselloiden überwintern in ihrer grossen Mehrzahl mit Rosetten, die entweder sitzend sind oder am Ende eines Ausläufers sich befinden. Sitzende Rosetten, zuweilen gleichzeitig mit kleinen geschlossenen Knospen, kommen unter anderem bei H. florentinum All., bei Formen von H. praealtum Vill., bei H. glaciale Lach., bei H. alpicola Schleich etc. vor. Ich will das Verhalten von H. praealtum Var. obscurum etwas näher betrachten.

Diese Form wächst häufig auf kiesigen Localitäten bei München. Gewöhnlich gelangt während einer Vegetationsperiode nur eine Sprossgeneration zur Blüthe. Ende October 1864 waren die Stengel ganz abgestorben. Bei den schmächtigern Pflanzen, welche die Mehrzahl ausmachten, befand sich am Grunde jedes Stengels eine sitzende bewurzelte Rosette. Fig. 9 stellt den Wurzelstock einer solchen Pflanze dar. I—I ist der Trieb, welcher im Jahr vorher, II—II derjenige, welcher in diesem Jahr geblüht hatte. I trägt eine geschlossene Knospe (g).

An etwas stärkern Exemplaren befand sich ausser der entwickelten Rosette noch eine zweite schwächere, etwa um ²/₅ des Umfanges von jener entfernt. Dieselbe hatte keine Wurzeln und meist nur ein einziges kleines grünes Blatt. Statt dieser schwächern Rosette war häufig eine Knospe vorhanden, welche im Auswachsen begriffen oder auch ganz geschlossen war. Fig. 8 zeigt ein Rhizom mit zwei Rosetten (r, s). Nur üppige Exemplare hatten zwei, wohl auch drei grosse bewurzelte Blätterbüschel am Grunde eines Stengels.

Hin und wieder zeigte eine Pflanze zwei trockene Stengel, welche beide aus vorjährigen Rosetten oder Knospen hervorgegangen waren und rücksichtlich der Innovation sich wie einzelstehende Stengel verhielten. — Seltener fanden sich zwei bis vier trockene Stengel beisammen, von denen der eine (primäre) aus einer vorjährigen Rosette, die anderen (secundären) als seitliche Triebe aus der Basis des erstern entsprungen waren. Jeder dieser letztern hatte an der Basis eine Rosette.

An allen Wurzelstöcken von H. praealtum kamen ausser den erwähnten Innovationsgebilden noch einzelne kleine geschlossene Knospen vor. Dieselben konnten sowohl an dem Spross der letzten als einer frühern Ordnung, also höher oder tiefer an dem Rhizom angeheftet sein (Fig. 8 und 9, g).

Bei andern Formen von H. praealtum kommen ausser den sitzenden Rosetten zugleich auch niederliegende dünne, nicht mit Wurzeln versehene Ausläufer vor. Dieselben endigen bald steril, bald gehen sie in einen Blüthenstand aus, entwickeln aber nie eine eigentliche Blattrosette.

Die letztere Erscheinung beobachtete ich nur einmal an einem Satze im Münchner Garten, der bisher bloss sitzende Blätterbüschel gebildet hatte. Im Herbste 1866 hatte derselbe unter den sitzenden Rosetten kleine aber schöne geschlossene Knospen. Ueber den Rosetten aber entsprangen

aus den Blattachseln bis auf 3 Zoll vom Boden lange (1–2 Fuss) dünne Ausläufer ohne Wurzeln, aber mit einer bewurzelten Rosette am Ende.

In diesem Satze von H. praealtum beobachtete ich ausnahmsweise auch eine Erscheinung, welche normal bei andern Arten vorkommt, nämlich von der Mutterpflanze entfernte, durch schiefe unterirdische Stolonen, welche tiefer am Wurzelstocke entspringen, getragene Rosetten. Offenbar entspringen diese Stolonen aus den geschlossenen Knospen.

Wenn H. praealtum Ausläufer treibt, so treten dieselben nicht etwa an die Stelle der sitzenden Blätterbüschel, sondern sie finden sich neben denselben, wie ich bereits bemerkte. Soweit meine in dieser Beziehung übrigens dürftigen Beobachtungen reichen, sind es immer die Achselknospen über den sitzenden Rosetten, die in Stolonen auswachsen, somit Knospen, die bei den ausläuferlosen Formen dieser Species gar nicht zur Entwickelung gelangen. Die normale Innovation wird also durch diese Erscheinung nicht beeinträchtigt.

Anders verhält es sich bei einigen Arten, welche gewöhnlich ebenfalls sitzende oder kurzgestielte Rosetten besitzen, wie H. acutifolium Vill. (= H. sphaerocephalum Froel.) und H. glaciale Lach. Wenn dieselben Stolonen bilden, so geschieht es auf Unkosten der sitzenden Rosetten. Der Stiel der letztern verlängert sich in einen Ausläufer. Besonders ist H. acutifolium hiezu geneigt; ich fand es auf fetten Localitäten der Voralpen mit halbfusslangen Stolonen. Von dem Originalstandort Villars' in den Münchner Garten verpflanzt, trieb es Ausläufer von einem Fuss Länge.

Sitzende Rosetten und zugleich solche, die auf unterirdischen Stolonen gestielt sind, kommen ziemlich normal bei H. cymosum Lin. vor. Von zwei Sätzen, die sich im Münchner Garten befinden, zeigte der eine im Herbst 1864 fast lauter sitzende

Rosetten, wie sie H. praealtum und H. florentinum eigenthümlich sind; und im Jahre 1866 machte ich die gleiche Beobachtung. In dem andern dagegen war kaum die Hälfte aller Rosetten ungestielt; die übrigen waren etwas von ihren Mutterpflanzen entfernt und durch schiefe unterirdische Stolonen mit den Wurzelstöcken derselben verbunden. Die Figuren 1 und 2 zeigen eine sitzende und mehrere gestielte Rosetten; s—s ist die Erdoberfläche. Die Stiele erreichen eine Länge von 2—3 Zoll.

Nach den Autoren sollen die kriechenden oder niederliegenden Ausläufer dieser Art ganz mangeln. Ich habe einen einzigen in dem Satze mit den zahlreichen unterirdischen Stolonen gefunden. Derselbe lag dicht auf der Erde, hatte eine Länge von vier Zoll und war z. Th. mit Laubblättern, z. Th. mit weisslichen Niederblättern besetzt. Am Ende hatte er noch keine Rosette gebildet, auch besass er bloss am Grunde einige Wurzeln, so dass ich nicht weiss, ob daraus ein in eine bewurzelte Rosette ausgehender (wie bei H. pratense), oder ein aufsteigender und blühender Ausläufer (wie bei H. praealtum) entstanden wäre.

Wirkliche unterirdische Stolonen habe ich normal nur bei H. cymosum gesehen. Bei einigen andern Arten, wo sie ebenfalls angegeben wurden, konnte ich mit Sicherheit bloss solche finden, welche der Erde dicht anlagen. So hatte H. aurantiacum Lin. weder auf den Bündtner Alpen, wo ich es Mitte und Ende August beobachtete, noch im Münchner Garten eigentlich hypogäische Ausläufer. Auf den Alpen aber waren die der Erde angedrückten Stolonen, weil sie im Rasen versteckt lagen, meistens mit schuppenförmigen bleichen Niederblättern besetzt. Auf dem Gartenbeet dagegen hatte die grosse Mehrzahl derselben grüne Blätter.

H. pratense Tausch verhält sich wie H. aurantiacum. Ebenso H. glomeratum Fröl., nach dem kultivir-

ten Zustande zu schliessen. Bei letzterem, das in mehrern Sätzen in unserm Garten sich findet, sind die Ausläufer der Länge nach bewurzelt und theils mit grünen Laubblättern, theils mit bleichen schuppenförmigen Niederblättern besetzt. Doch scheint es auch einzelne unterirdische Stolonen zu bilden.

Während H. aurantiacum und H. pratense auf den natürlichen Standorten in der Regel beschuppte Ausläufer haben, kommen diese letztern bei andern kriechenden Arten entweder gar nicht oder nur ausnahmsweise vor. Mit grünen Blättern besetzte, am Ende in eine bewurzelte Rosette ausgehende Stolonen haben namentlich H. Pilosella Lin. und H. Auricula Lin. nebst vielen Zwischenformen wie H. flagellare Rchb. (= H. stoloniflorum Auct.), H. auriculaeforme Fr., H. stoloniflorum W. Kit. (= H. versicolor Fr.), H. cernuum Fr., H. floribundum Wimm. etc. Bei allen diesen Arten können die Stolonen verkürzt und die Rosetten selbst sitzend werden. Unterhalb derselben findet man immer kleine unentwickelte Knospen in den Blattachseln, zuweilen auch unterhalb der Blätter einzelne kleine feste geschlossene Knospen.

Die Ausläufer liegen entweder überall dem Boden an und sind dann in ihrer ganzen Länge bewurzelt, oder sie sind gekrümmt wie der Bogen einer Brücke, indem sie zuerst schief aufsteigen und dann sich wieder senken; in diesem Falle ist bloss die Rosette, in die sie endigen, mit Wurzeln versehen.

Verkürzte Ausläufer oder sitzende Rosetten sind bei den genannten Arten die Folge eines magern und trockenen Standortes. Sie kommen häufiger bei H. Auricula und einigen Zwischenformen vor, doch mangeln sie auch *H. Pilosella* nicht. Auf hochalpinen trockenen magern Waiden findet man H. Auricula zuweilen ausschliesslich und H. Pilosella wenigstens in der grossen Mehrzahl mit sitzenden

oder fast sitzenden Rosetten. Von letzterer Art und zwar von der gewöhnlichen Form derselben (H. P. vulgare) sah ich in den Walliser Alpen neben Exemplaren mit längern (bis 1 Fuss) und kürzern Stolonen auch solche mit vollkommen sitzenden Rosetten.

Pflanzen, an denen sich diese exceptionelle Innovation mehrmals wiederholt hatte, besassen ein Rhizom, welches demjenigen von H. glaciale vollkommen analog war. Fig. 15 giebt eine halbschematische Ansicht desselben. I, II, III, IV sind vier Sprosse successiver Generationen, die zusammen den sympodialen Wurzelstock bilden und die aus einander hervorgegangen sind, in gleicher Weise wie die Rosette r, die im folgenden Jahre blühen wird, am Grunde des blühenden Sprosses IV. entspringt.

Nachdem ich die thatsächlichen Verhältnisse, welche der Neuwuchs bei den verschiedenen Formen der Hieracien zeigt, dargelegt habe, gehe ich zu der Frage über, welche systematische Bedeutung demselben zukomme. Wie ich eingangs der letzten Mittheilung bemerkte, wurde nach dem Vorgange von Hegetschweiler, Koch und E. Fries die Innovation beinahe allgemein als Charakter für die Gruppen benützt, und Fries ist selbst geneigt, ihr den ersten Rang unter den Merkmalen anzuweisen.

Ehe ich die angewendeten Diagnosen mit der Wirklichkeit vergleiche, will ich einige allgemeine Bemerkungen über den Werth der Merkmale und die Form ihrer Anwendung vorausgehen lassen.

Eine morphologische Erscheinung kann entweder dazu dienen, um die Natur und Verwandtschaft einer Pflanzenform zu documentiren, oder sie kann als Differentialcharakter

benutzt werden, um die Form von andern Formen zu unterscheiden. Beides fällt zuweilen zusammen, ist aber durchaus nicht identisch. Zwei Beispiele, eines für den ersten und eines für den zweiten Fall, mögen diess erläutern.

Hieracium Pilosella vulgare, H. Hoppeanum und H. Peleterianum haben einköpfige Schäfte, die sich unmittelbar am Grunde verzweigen. Dadurch giebt sich ihre grössere Verwandtschaft unter einander und ihre geringere Verwandtschaft zu den andern Arten kund. Es ist diess zugleich auch der beste Differenzialcharakter, wodurch sich jene drei Formen von den andern Arten unterscheiden, weil er ohne Ausnahme allen Individuen jener zukommt und allen Individuen dieser mangelt.

H. Auricula hat meistens Ausläufer, zuweilen aber sitzende Rosetten. Letztere sind verkürzte Stolonen, die sich unter günstigen Umständen immer entwickeln. H. acutifolium Vill. (H. sphaerocephalum Auct.) hat meistens sitzende Rosetten, selten Ausläufer; jene sind ebenfalls verkürzte Stolonen und sie verlangen nur hinreichend günstige Bedingungen, um ihre Natur zu offenbaren. H. florentinum All. hat immer sitzende Rosetten, welche nie in Ausläufer sich verlängern können; denn sie entwickeln sich bloss zu aufrechten blühenden Stengeln. Diese Eigenschaften charakterisiren vortrefflich die Natur der drei Arten; sie zeigen eine Uebereinstimmung zwischen H. Auricula und H. acutifolium und eine Verschiedenheit dieser beiden Arten gegenüber von H. florentinum. Aber sie sind weniger gut geeignet, um diagnostisch die Arten zu bestimmen. Denn wenn Jemand H. Auricula auf hochalpinen trockenen, magern Standorten mit sitzenden Rosetten oder sehr kurzen Stolonen, wenn er ferner H. acutifolium auf fetten Localitäten der Voralpen mit zoll- bis halbfusslangen Ausläufern gesammelt hätte, so würde er seine Fünde in den Diagnosen „stolonibus elongatis“ für

ie erstere, „stolonibus plerumque nullis“ für die zweite Art schwerlich erkennen.

Wir sehen an diesem zweiten Beispiel, dem sich aus der Hieracien-Welt und aus andern Gattungen noch viele an die Seite stellen liessen, dass potentiale und wirkliche Eigenschaften sich nicht immer decken. In der Regel hat sich zwar die systematisch-beschreibende Botanik bis jetzt fast bloss an die wirklich vorkommenden Merkmale der wildwachsenden Pflanzen gehalten. Es lässt sich diess rechtfertigen, wenn der Systematiker sich auf einen tiefern Standpunkt stellt und sich bloss das Ziel setzt, die Pflanzen so zu beschreiben, dass der Sammler und Herbarienbesitzer sie zu erkennen und bestimmen vermag.

Aber eine systematische Bearbeitung soll nicht bloss ein Katalog für Pflanzensammlungen sein. Sie muss sich auf einen höhern Standpunkt erheben und sich die Aufgabe stellen, die Natur der Pflanzenformen zu erforschen und ihre verwandtschaftlichen Beziehungen unter einander klar zu machen. Diess ist nur durch die Berücksichtigung der potentialen Eigenschaften möglich. Die wirklichen Merkmale der Innovation stellen H. acutifolium und H. florentinum zusammen; die potentialen Merkmale zeigen, dass erstere Art näher mit H. Auricula verwandt ist, und diess wird auch durch andere Thatsachen bewiesen, wie z. B. durch die Zwischenformen, welche H. acutifolium und H. Auricula mit einander verbinden.

Das ist nun nach meiner Ansicht der Vorzug, der in den Hieracienbearbeitungen von Fries liegt, dass er die potentialen Eigenschaften berücksichtigt, dass er die Natur der Pflanzenart zu erfassen sucht, ohne sich durch die wirklichen Merkmale auf Abwege führen zu lassen, dass er weniger verwandte Pflanzenformen trotz scheinbar übereinstimmender Charaktere trennt, und Formen mit grösserer Affinität trotz scheinbar abweichender Merkmale vereinigt.

Dem entsprechend halte ich es, wenigstens von dem höhern Standpunkte der Systematik aus, für unverständig, wenn grundsätzlich nur die wirklichen Eigenschaften berücksichtigt werden, wenn der Systematiker nichts davon wissen will, wie sich seine Arten in der Kultur verhalten, ob sie auf künstlichem Wege Bastarde bilden und wie gross die Bastardirungsverwandtschaft zu den verschiedenen nahestehenden Arten sei (vgl. die Mittheilungen vom 15. Decbr. 1865 und 16. Febr. 1866).

Die potentialen Eigenschaften sind eben so gut vorhanden wie die wirklichen. Sie geben uns an, wie weit der Formenkreis bezüglich einer bestimmten Eigenschaft reicht. So wie eine potentiale Eigenschaft wirklich wird, so wird die wirkliche, an deren Stelle sie getreten ist, potential. Der gewöhnlichen Form von H. acutifolium mit sitzenden Rosetten kommen die Ausläufer in potentia zu; der seltenern Form mit Stolonen sind ebenso die sitzenden Rosetten potential zuzuschreiben, denn sie nimmt dieselben an, sowie sie auf einen magern Standort kommt.

Was sich von den potentialen Möglichkeiten in einer Pflanzenform verwirkliche, hängt von den äussern Verhältnissen ab. Wenn sich der Systematiker auf die wirklichen Eigenschaften beschränkt, so hat er nicht die volle Natur der Pflanzenform, sondern ihre durch die zufälligen äussern Verhältnisse beschränkte Erscheinungsweise.

Das lässt sich an dem nämlichen Beispiele deutlich machen. Der Systematiker, der H. acutifolium nur von hochalpinen Standorten kennt, wird es durch „sitzende Rosetten" oder durch „mangelnde Ausläufer" charakterisiren. Ein anderer, der es nur in der Nähe von Sennhütten der Voralpen beobachtet hat, muss es als „ausläufertreibend" beschreiben. Beide sind in ihren Diagnosen unvollständig und drücken nicht die wahre Natur der Pflanze aus. Die erstere Diagnose wäre nicht weniger unvollständig, wenn

H. acutifolium auf seinen natürlichen Standorten bloss mit sitzenden Rosetten vorkäme und wenn die ausläufertreibende Form nur durch die Kultur in Gärten bekannt geworden wäre. Denn es ist für die Natur der Pflanze doch vollkommen gleichgültig, ob ihr die reichlichere Nahrung von einem natürlichen Standorte oder von dem botanischen Garten geboten wird.

Die Nothwendigkeit, die potentialen Merkmale zu berücksichtigen, kann noch von einer andern Seite dargethan werden. Man fängt an, sich ernstlicher die Frage zu stellen, ob gewisse Pflanzen in einer bestimmten Zeit sich verändert haben oder nicht. Später kann diese Frage vielleicht eine ziemliche Bedeutung erlangen, wenn sich mehr Thatsachen zu ihrer Beantwortung darbieten werden. H. acutifolium ist jetzt, wie die Beschreibungen zeigen, in den Herbarien bloss in der ausläuferlosen Form vertreten. Dass es durch Kultur Stolonen treibt, müssen manche Autoren wohl wissen. Aber als Produkt der Kultur erwähnen sie derselben nicht. Es wäre möglich, dass auf den höhern Alpen durch Ueberhandnehmen concurrirender Gewächse oder durch irgend einen andern schädlichen Einfluss H. acutifolium ausstürbe, dass es nur auf den niedern Voralpen übrigbliebe und daselbst vielleicht sogar zunähme. Man würde dann in einer künftigen Zeit die Pflanze nur ausläufertreibend kennen. Man fände sie bei den alten (d. h. den jetzigen) Autoren durch „stolonibus nullis s. brevibus" charakterisirt; in den alten (d. h. den jetzigen) Herbarien wären ebenfalls keine Exemplare mit Stolonen enthalten; denn manche Systematiker sind den kultivirten Exemplaren wenig hold. Man könnte also leicht auf den irrigen Gedanken kommen; die Pflanze habe im Laufe der Jahre ihre Natur geändert.

Ich gebe zu, dass diese Annahme für die genannte Pflanzenart unwahrscheinlich und selbst absurd ist. Für andere Pflanzenarten dagegen, die in weniger besuchten

Ländern wachsen und ein mehr sporadisches Vorkommen zeigen, lässt sich ein solcher Fall wohl denken. Ueberhaupt ist es für eine künftige Geschichte der Arten und constanten Varietäten von der grössten Wichtigkeit, dass die Natur derselben und die Grenzen ihrer Veränderlichkeit genau festgestellt werden; denn nur so wird sich in 50, in 100 und mehr Jahren sicher ermitteln lassen, ob eine Form die nämliche geblieben oder anders geworden ist. Die Constanz lässt sich nämlich, wie von selbst einleuchtet, nicht aus dem Verhalten der wirklichen, sondern nur aus demjenigen der potentialen Eigenschaften ermessen [1]).

Es ist nach dem Vorstehenden kaum nöthig, noch be-

---

1) Um die Natur einer Pflanzenform und die Grenzen ihrer Veränderlichkeit festzustellen, müssen vorzüglich auch Kulturversuche, welche sich an die Beobachtungen auf den natürlichen Standorten anschliessen, gemacht werden Es ist im höchsten Grade bedauernswerth, dass die unendlich vielen Kulturversuche in den botanischen Gärten für die Kenntniss der Species und constanten Varietäten fast gänzlich verloren sind, wie viel ihnen auch die Morphologie verdankt.

Die Gärten haben sich immer mehr mit Formen bereichert Aber dieselben sind für die Systematik eher Ballast, als förderndes Material, weil man ihren Ursprung und ihre Geschichte nicht kennt, weil man nicht weiss, was die innern Ursachen, was die äussern Einflüsse und was die hybride Befruchtung dabei gewirkt haben. Desswegen ist mit den fast zahllosen Gartenformen der Hieracien wenig anzufangen und die Abneigung der Systematiker gegen dieselben sehr begreiflich.

Dagegen hat die Kultur einer Form aus andern Gegenden, z. B. aus den Alpen, wenn man deren Ursprung genau kennt, mehr Werth als die Beobachtung auf 10 weitern natürlichen Standorten und diese kultivirten Exemplare verdienen eher eine Stelle im Herbarium als Exemplare von neuen, noch nicht vertretenen Localitäten. Denn die Kulturresultate, verglichen mit der wilden Pflanze, von der sie herstammen, können uns zur Belehrung über ihre Natur Thatsachen an die Hand geben, die wir sonst nirgends erlangen.

sonders zu erklären, dass ich das Vermögen oder die Potentia eines Organismus nur in physischem Sinne auffasse und dass sie für mich nur existirt, wenn sie sich unter bestimmten Umständen verwirklicht. Als potentiale Eigenschaften dürfen somit nur solche angenommen werden, welche beobachtet wurden, oder von denen man sicher sein kann, dass sie in die Erscheinung treten können. Das einzige gültige Kriterium für das Vermögen ist demnach der Kulturversuch.

Es ist aber die Potentia nicht selten auch in naturphilosophischem oder idealem Sinne verstanden und auf Eigenschaften angewendet worden, die sich niemals verwirklichen. Dadurch ist sie bei den Empirikern in Misskredit gekommen. Besser würde man nach meiner Ansicht dieses bloss vorausgesetzte Vermögen ein ideales nennen, und damit zugleich schon bestimmt aussprechen, dass es bloss in der Idee besteht.

Irre ich nicht, so hat sich E. Fries dieser Auffassung bedient, wenn er die Piloselloiden in den Symbolae schlechthin durch „Innovatio herbae per stolones, nunc in rhizoma repens, nunc in caudiculos laterales abeuntes" charakterisirt, und wenn er von denselben weiterhin sagt: „Innovatio per stolones Pilosellarum gregi propria est; a typo nullius harum speciei aliena. Omnibus stolones in potestate adsunt, licet vulgo deficiant . . . ." Dass es hier nicht auf die physische Potestas abgesehen ist, geht aus den Bemerkungen hervor, welche Fries in dem nämlichen Buch bei einzelnen Arten der Pilloselloiden macht. So sagt er von H. florentinum stolones numquam edens, von H. hyperboreum stolonibus absolute caret, von H. setigerum radix numquam stolonifera visa, von H. echioides radix non stolonifera, von H. olympicum radix numquam stolonifera visa, bei H. petraeum radix non stolonifera etc. In der That bin ich überzeugt, dass alle Experimente der

Kultur und alle Beobachtungen auf den natürlichen Stand-orten an mehreren Arten der Piloselloiden niemals Stolonen zu Tage fördern werden, dass ihnen also jedenfalls das physische Vermögen dazu mangelt.

Ich will nun nicht über die Berechtigung streiten, auch von idealen Eigenschaften der Organismen zu sprechen. Aber ich gestehe, dass ich eine wissenschaftliche Methode dafür nicht kenne und ebenso, dass ich den Nutzen davon nicht einsehe. Wenn ich nicht irre, so wird immer dann eine Eigenschaft in der Idee angenommen, wenn sie bei nah verwandten Formen vorhanden ist; sie hat also nur die Bedeutung eines Pleonasmus, um die innige Affinität auszudrücken. Die naturhistorische Kenntniss der Form würde aber nicht vermehrt, wenn man H. florentinum um seiner Beziehungen zu andern Piloselloiden willen, ideal Stolonen zuschreiben, oder wenn man den Menschen, wegen seiner Verwandtschaft mit den Säugethieren, in potestate geschwänzt nennen wollte[2]).

---

2) Wie in den genannten Fällen den Pflanzen der nämlichen Gruppe in der Idee gemeinsame Eigenschaften, so werden in andern Fällen den Pflanzen verschiedener Gruppen ideale Verschiedenheiten zugeschrieben, die in der Wirklichkeit nicht vorhanden sind. Daher die ungleiche Terminologie für das gleiche Organ bei verschiedenen Ordnungen und Klassen (z. B. die Frucht bei den Phanerogamen, die Organe der Cryptogamen), da doch nur die wirklich (auch potential) vorhandenen Unterschiede zu einer ungleichen Benennung berechtigen sollten.

Auch bei den Hieracien giebt es Beispiele für ein solches Verfahren. Fries nennt z. B. den Wurzelstock der drei ersten Piloselloidengruppen (Pilosellinen, Auriculinen und Rosellen) Rhizoma, den der vierten Gruppe (Cymellen) Radix. In der Wirklichkeit finde ich keinen Unterschied zwischen dem fast senkrechten „Rhizoma" vieler Exemplare von H. alpicola und der „Radix" von H. florentinum und anderer Cymellen, ebensowenig zwischen dem schiefen „Rhizoma" von H. glaciale und H. Laggeri und d

Mit den der Idee nach existirenden Eigenschaften mag man es also halten wie man will. Aber ein reeller Nachtheil für die Wissenschaft liegt darin, wenn man nicht strenge zwischen wirklichen, zwischen potentialen (im physischen Sinne) und idealen Merkmalen unterscheidet, wenn der Autor den Leser im Zweifel lässt, wie er seine Diagnosen verstanden wissen will.

Diess führt mich auf die Form der Diagnosen; man bestrebt sich noch immer, dieselben in Linnéischer Manier abzufassen. Die kurzen präcisen Differentialcharaktere Linnés haben die Wissenschaft ohne Zweifel sehr gefördert, sie haben das Studium der systematischen Botanik ungemein erleichtert und somit die Pflanzenkenntniss vermehrt. Aber einerseits ist die Erkenntniss der variabeln Formen jetzt auf einen Höhepunkt gelangt, dass für die gehörige Berücksichtigung aller Vorkommnisse einer massgebenden Eigenschaft eine längere Beschreibung erfordert wird. Anderseits verlangt die Wissenschaft, um die Natur einer Pflanzenform richtig darzustellen, nicht bloss die Berücksichtigung der wirklichen, sondern auch der potentialen Merkmale, was sich ebenfalls nicht mit einigen kurzen Ablativen abthun lässt.

Nun hat man sich aber so sehr an die Linné'sche Kürze gewöhnt und die Diagnosen nehmen sich in dieser Form so gut aus, dass man oft ein complizirtes Verhältniss

---

schiefen „Radix" mancher Exemplare von H. cymosum, H. glomeratum etc. Dass kein wirklicher, sondern nur ein idealer Unterschied auch in den Augen von Fries bestehe, ergiebt sich deutlich aus folgender Thatsache. In den Symbolae wurden H. pumilum Lapeyr. und H. petraeum Frivald. bei der Stirps H. cymosi aufgeführt und hatten beide in der Artdiagnose eine „Radix". In der Epicrisis bilden sie mit andern Arten eine besondere Stirps und haben nun, wie diese andern Arten, ein „Rhizoma".

durch ein einziges Wort ausdrückt, indem man alle Beschränkungen und nähern Bestimmungen auslässt. Dadurch werden aber die Diagnosen wahre Orakelsprüche, die man nicht zu enträthseln vermag, und deren Sinn man erst begreift, wenn man die Arbeit des Autors selbst wiederholt hat, d. h. wenn man alle Formen, die er untersuchte, ebenfalls untersucht hat. Ich will als Beispiel die Innovation anführen.

Wenn ich die Piloselloiden, von denen ich bereits gesprochen habe, übergehe, so finden wir bei verschiedenen Autoren die übrigen Gruppen der Hieracien gewöhnlich kurz folgendermassen diagnostizirt:

Aurella. Innovation durch Rosetten.

Pulmonarea. Innovation durch Rosetten.

Accipitrina. Innovation durch geschlossene Knospen

So einfach und klar diess scheint, so dunkel und vieldeutig ist es. Der Ausdruck „Innovation durch Rosetten" kann nicht weniger als folgende sechs Bedeutungen haben, von denen man nach dem Usus der Autoren zum voraus nicht weiss, welche gemeint ist.

1. Alle zu der betreffenden Gruppe gehörenden Pflanzen bilden ausschliesslich Rosetten (d. h. andere Innovationsformen mangeln).

2. Alle betreffenden Pflanzen bilden Rosetten, aber daneben auch andere Innovationsformen (z. B. geschlossene Knospen).

3. Die Mehrzahl der Pflanzen (sei es die Mehrzahl der Arten, sei es die Mehrzahl der Individuen in den einzelnen Arten) besitzt Rosetten, während die kleinere Zahl auf eine andere Weise innovirt.

4. Alle Pflanzen haben das Vermögen, Rosetten zu bilden; unter ungünstigen Verhältnissen tritt eine andere Innovationsform an deren Stelle.

5. Nur die Mehrzahl der Arten besitzt dieses Vermögen, einigen mangelt es.

6. Die Gruppe besitzt der Idee nach („typisch“) Rosetten; wenn sie eine andere Innovationsform zu zeigen scheint, so geschieht es in unächter Weise („spurie“).

Man wird zugeben, dass diese Begriffe unter sich verschieden genug sind, sowie auch, dass die Auswahl hinreichend gross ist, obgleich sie sich nur auf die Hauptmodificationen beschränkt. Nichtbotaniker möchten es zwar für unmöglich halten, dass ein einfacher Ausdruck, der nicht etwa bei einem Schriftsteller des Alterthums, sondern in naturwissenschaftlichen Büchern neuesten Datums vorkommt, so vielfacher Auslegung fähig sei. Ich könnte aber aus den Beschreibungen und Diagnosen der Hieracien Dutzende von Beispielen anführen, wo ein ganz absolutes und ohne Beschränkung gebrauchtes Merkmal[3]) bald nach der Analogie der einen, bald der andern der vorhin angeführten 6 Auslegungen gedeutet werden muss. Dabei habe ich durchaus nicht etwa solche Fälle im Auge, wo dem Autor gewisse Verhältnisse verborgen blieben, oder wo er sich sonst geirrt hat, sondern nur solche, wo er wissentlich den unbeschränkten Charakter bald in dem einen, bald in dem andern Sinne brauchte[4]).

---

3) Z. B. pedunculus glandulosus, involucrum pilosum, involucrum farinosum, folia eglandulosa, ligulae glabrae, caulis nudus, squamae (involucri) acuminatae, folia radicalia persistentia etc.

4) Ich rede hier nur von den Beschreibungen der Hieracien, obgleich ich überzeugt bin, dass ähnliche Ungenauigkeiten, wenn auch nicht in dem gleichen Maasse, in andern Gebieten der systematischen Botanik ebenfalls nicht fehlen. Dass der Uebelstand bei den Hieracien besonders hervortritt, rührt zum Theil davon her, dass hier die Formen häufiger in einander übergehen und daher schwieriger zu charakterisiren sind. Uebrigens anerkenne ich, dass

Ein solches Verfahren hat den einzigen Vortheil, de Formenreichthum der Gattung auf dem Papier schön un übersichtlich zu gliedern, ein Vortheil, der mehr als zweifel haft ist, da das gegebene Schema nicht die Wirklichkei ausdrückt. Dagegen sind zwei sehr reelle Nachtheile dami verbunden. Einmal wird die Bestimmung der Pflanze nahezu unmöglich, weil man nicht weiss, was mit der diag nostischen Phrase gemeint ist. Anderseits kann die Kennt niss der Formen nicht den stetigen und sichern Fortschritt machen, den wir in einer empirischen Wissenschaft ver langen.

Der Fortschritt einer empirischen Wissenschaft wir dadurch bedingt, dass ein Beobachter die Resultate seine Forschung genau darlege. Ein folgender Beobachter kan darauf weiter bauen; er kann die frühern Erfahrungen be richtigen und das thatsächliche Verhalten genauer und voll ständiger feststellen. Das ist ihm aber nicht möglich, wen der Vorgänger seine Beobachtungen in einer unverständ lichen und vieldeutigen Phrase niedergelegt hat. Dahe kommt es, dass die Kenntniss der Innovation der Hieracie (mit Ausschluss der Piloselloiden) seit Hegetschweile und Koch sogut wie keine Fortschritte gemacht hat. D Aurellen und Pulmonareen werden fortwährend durc Rosetten, die Accipitrinen durch Knospen charakterisirt. E ist nicht anders denkbar, als dass jeder Autor bei de Aurellen und Pulmonareen manche Modificationen und Au nahmen beobachtet hat; aber sie sind verloren, weil d herrschende Missbrauch ihm erlaubt, den vorwiegenden al gemeinen Eindruck, den ihm seine Beobachtungen zurück gelassen haben, in die allgemeine Phrase „Innovation durc

---

einzelne Autoren bestrebt sind, ihren Diagnosen die möglichste G nauigkeit zu geben, so weit es nämlich die hergebrachte Form d Beschreibungen erlaubt.

Rosetten" zu kleiden. Ohne Zweifel hat jeder Autor, je nach dem Material, das er untersuchte, unter diesem nämlichen Ausdruck etwas anderes verstanden. Was es aber sei, ist der Kritik unzugänglich; und die Wissenschaft muss, wenn es sich um die Kenntniss der Innovationsformen bei den verschiedenen Gruppen und Arten handelt, grösstentheils von vorn anfangen[5]).

Ich will zuerst die systematische Bedeutung der Innovation bei den Piloselloiden besprechen, da dieselben ein

---

5) Ich habe bereits bemerkt, dass es sich bei den Hieracien mit andern Merkmalen eben so verhält. Die Floristen werden zwar entgegnen, dass ihnen der Raum mangle, um alle Ausnahmen zu berücksichtigen und um die verschiedenen Nüancen, denen die Verbreitung eines Merkmals fähig ist, auszudrücken, weil dadurch die Diagnosen doppelt und dreifach so lang würden. Indessen könnte ein kleiner Zusatz den Uebelstand schon sehr vermindern, wenn z. B. dem Charakter „mit Ausläufern" je nach Umständen beigefügt würde „immer", „fast ausnahmslos", „meistens", „häufig", „mit Ausnahme einer hochalpinen Varietät", „auf fruchtbarem Boden", „mit Ausschluss allzu trockener Localitäten" u. dgl. Allerdings könnte es der Fall sein, dass alle Merkmale einer Diagnose solche Beisätze bekämen, und die Diagnose wäre weniger präsentabel, dafür aber richtiger und brauchbarer.

Bei den Monographen kann der Grund, dass eine richtige und vollständige Darlegung des Befundes zu weit führen würde, nicht massgebend sein. Denn es ist doch das Wenigste, nach jahrelanger mühsamer Arbeit auch noch die Zeit und das Papier aufzuwenden, um die Resultate dieser Arbeit genau und für die Wissenschaft fruchtbringend zu fixiren. Ich glaube, dass es vorzüglich die Rücksicht auf den hergebrachten Usus ist, welche lieber die Wahrheit mit einem weiten Mantel drapirt, als in einer complizirten und verclausulirten Phrase mit allen ihren Blössen preisgiebt.

eigenthümliches Verhalten zeigen. Der vollständige Charakter für die ganze Gruppe ist folgender:

Innovation selten ausschliesslich durch geschlossene Knospen, meistens durch bewurzelte, sitzende oder gestielte Rosetten (letztere am Ende von Stolonen), unterhalb welcher sich öfter kleine geschlossene Knospen und oberhalb welcher sich zuweilen unbewurzelte blühende oder sterile Stolonen befinden.

Sollte es zweijährige Piloselloiden geben, wie Fries vermuthet, so müsste diess noch in den Charakter aufgenommen werden. Allein die Thatsache scheint mir sehr zweifelhaft zu sein.

Die mit geschlossenen Knospen überwinternden Piloselloiden sind mir nicht aus eigener Anschauung bekannt. Ich kann daher nichts über dieselben aussagen. Was die übrigen betrifft, so sind die Untergruppen und die Arten bis jetzt durch folgende Differenzen in der Innovation diagnostizirt worden:

a) mit sitzenden Rosetten;
b) mit Rosetten, die auf schiefen unterirdischen Stolonen etwas vom Stengel entfernt stehen (z. B. H. cymosum bei Fries);
c) mit (nicht bewurzelten) Flagellen (z. B. H. praealtum bei Fries, Grenier etc.);
d) mit (bewurzelten) Stolonen. Zuweilen werden dieselben als beschuppte und beblätterte unterschieden.

In diesen Merkmalen können aber nicht die spezifischen Differenzen begründet sein. Denn man findet in der gleichen Varietät, selbst bei den Pflanzen, die von Einem Individuum herstammen, ja am nämlichen Pflanzenstock folgende Innovationsformen vereinigt:

1) sitzende Rosetten und Stolonen;
2) sitzende Rosetten und Flagellen;

3) sitzende Rosetten und auf unterirdischen Stielen stehende;
4) Stolonen und Flagellen;
5) Flagellen und Rosetten, welche auf unterirdischen Stielen stehen;
6) beschuppte und beblätterte Stolonen.

Diess sind die wirklich beobachteten Fälle. Wenn ich nicht irre, kommen auch Stolonen zugleich mit Rosetten vor, welche vom Stengel entfernt auf unterirdischen Stielen stehen, womit alle Combinationen der Vereinigung erschöpft sind.

Die systematische Verwendung der Innovationsformen muss also auf einem andern Wege gesucht werden. Nach meinen bisherigen Untersuchungen lassen sich zunächst folgende zwei Hauptmodificationen unterscheiden.

a) Jede Pflanze hat sitzende Rosetten oder bewurzelte Stolonen, die in eine Rosette endigen. Die sitzenden Rosetten haben ohne Ausnahme das Vermögen, in bewurzelte Stolonen auszuwachsen; ausserdem können die obersten Rosetten auch in unbewurzelte (blühende oder sterile) Stolonen sich verlängern.

b) Jede Pflanze hat sitzende Rosetten, welche bloss in aufrechte Stengel auswachsen. Bewurzelte Stolonen mangeln. Dagegen können ausser den sitzenden Rosetten auch solche vorkommen, die auf schiefen unterirdischen Stielen stehen, und über den sitzenden Rosetten können unbewurzelte Stolonen auftreten, welche in einen Blüthenstand oder steril endigen, oder welche mit der Spitze sich auf die Erde legen und eine bewurzelte Rosette bilden.

Die Verschiedenheit zwischen den beiden Gruppen von Arten besteht eigentlich nur darin, dass die erstere ohne

Ausnahme bewurzelte Stolonen zu bilden vermag, während dieses Vermögen der zweiten mangelt. Hat eine Form auf einer Localität bloss sitzende Rosetten, so mag es auf den ersten Blick zweifelhaft sein, ob sie zu der ersten oder zweiten Gruppe gehöre. Allein man wird, wenn sie der ersten beizuzählen ist, nach einigem Herumsuchen auf dem Standort immer einige kurze Stolonen finden. Ausserdem giebt die Kultur sichern Aufschluss.

Es ist auch zu bemerken, dass Pflanzenformen mit sitzenden Rosetten aus der ersten Gruppe einen Stengel bilden, der am Grunde gebogen (aufsteigend) ist, während bei den Pflanzen der zweiten Gruppe der Stengel ohne Ausnahme am Grunde gerade (aufrecht) ist. Ebenso zeigt sich das Rhizom fast durchgängig bei beiden Gruppen verschieden. Bei der ersten ist es verlängert und kriechend, wenn aus Stolonen hervorgegangen; verkürzt, aber horizontal oder schief-horizontal, wenn aus Rosetten entstanden. Bei der zweiten Gruppe dagegen ist es vertikal oder schief-vertikal. In den meisten Fällen lässt das Rhizom sogleich erkennen, ob eine Pflanze der ersten oder zweiten Gruppe angehört. Es giebt jedoch einzelne Ausnahmen; so können z. B. Pflanzen der zweiten Gruppe durch die unterirdischen Stiele der Rosetten zuweilen ein schief-horizontales Rhizom bekommen [6]).

---

6) Nach den Beobachtungen Juratzka's, deren in der letzten Mittheilung erwähnt wurde, käme noch der Unterschied hinzu, dass die zweite Gruppe Adventivknospen auf den Nebenwurzeln zu bilden vermag, während dieses Vermögen der ersten Gruppe mangelt. Ich habe diese Erscheinung nicht in die Diagnose aufgenommen, weil ich sie noch nicht auffinden konnte. Bei den Arten der zweiten Gruppe habe ich ausser den sitzenden Rosetten bloss solche gesehen, deren Stiele an tiefer liegenden Theilen des Rhizoms angeheftet sind und somit aus Adventivknospen entsprungen zu sein scheinen.

Zu der ersten Gruppe gehören die Hauptarten H. Pilosella Lin., H. Auricula Lin., H. glaciale Lach., H. aurantiacum Lin., H. pratense Tausch. nebst den Zwischenarten H. auriculaeforme Fr., H. acutifolium Vill. H. sphaerocephalum Froel.), H. stoloniflorum W. K. H. versicolor Fr.), H. flagellare Rchb. (H. stoloniflorum Auct.), H. fuscum Vill. etc.

Zu der zweiten Gruppe gehören die Hauptarten H. florentinum All. mit H. praealtum Vill., H. cymosum Lin., H. sabinum Seb. Maur.

Die Zwischenformen zwischen den Arten der ersten und zweiten Gruppe sind natürlich rücksichtlich ihrer Innovation unbestimmt und veränderlich. Nicht selten bietet uns die Uebergangsreihe zwischen zwei Arten zwei Hauptformen dar, von denen die eine sich rücksichtlich ihrer Innovation wie die erste, die andere wie die zweite Gruppe verhält (so z. B. die Reihe zwischen H. Pilosella und H. praealtum).

Innerhalb der beiden Gruppen, welche durch die Innovation bestimmt sind, giebt es rücksichtlich dieses Merkmals noch andere specifische Unterschiede. Es würde aber zu weit führen, wenn ich auf diese ziemlich subtilen Dinge hier eintreten wollte.

Alle übrigen europäischen Hieracien (mit Ausschluss der Piloselloiden) innoviren mit geschlossenen Knospen

---

Nach meiner Vermuthung sind es indess nicht Adventivknospen, sondern wirkliche Axillarknospen, die sich spät entwickeln.

Auffallender Weise spricht Juratzka nicht von dieser Erscheinung. Oder sollte er irrigerweise die unterirdischen Stiele (Stolonen) für Nebenwurzeln angesehen haben, mit denen sie oft einige Aehnlichkeit zeigen? Adventivknospen auf ächten Wurzeln kommen zwar bei holzigen Pflanzen zuweilen vor, bei krautartigen dürften sie zu den Seltenheiten gehören.

oder mit Rosetten. Der Unterschied gegenüber den Piloselloiden besteht nur darin, dass die eine Innovationsform (durch Stolonen), welche vielen Piloselloiden dem Vermögen nach zukommt, ganz mangelt.

Was die systematische Bedeutung der Innovationsmerkmale betrifft, so ist vor Allem festzustellen, dass die bisherigen Gruppen

a) mit Rosetten (Aurellen und Pulmonareen)

b) mit geschlossenen Knospen (Accipitrinen)

wenigstens in dieser Form unhaltbar sind. Denn, wie ich gezeigt habe, überwintert

1) manche Form der Accipitrinen in dem einen Jahr bloss mit geschlossenen Knospen, in einem andern mit zahlreichen Rosetten, die aus den Knospen sich vorzeitig entwickelten;

2) überwintert manche Form der Aurellen und Pulmonareen unter gewissen Umständen (die von Localität, Klima und Witterung abhängen) mit Rosetten und Knospen, unter andern bloss mit Knospen;

3) giebt es Arten, welche rücksichtlich der Innovation dergestalt in der Mitte stehen, dass man sie mit gleichem Rechte dem einen oder dem andern Typus zutheilen kann.

Sehen wir von diesen mittleren Bildungen einstweilen ganz ab und berücksichtigen wir bloss diejenigen Arten der Aurellen und Pulmonareen einerseits sowie der Accipitrinen anderseits, welche am meisten in der Innovation von einander abweichen, — so könnten wir die beiden Gruppen etwa folgendermassen charakterisiren.

a) Jede Pflanze hat entweder dichtgedrungene Rosetten und unterhalb derselben meist einzelne kleine geschlossene Knospen, oder sie hat ausschliesslich Knospen, von denen alle klein oder die obern von mittlerer Grösse sind.

b) Jede Pflanze hat grosse geschlossene Kno-

[redacted]

spen, von denen die obern in lockere Rosetten entwickelt sein können.

Nach diesen Charakteren dürften die Formen mit ausgesprochener Innovationsform wie H. murorum, H. alpinum, H. amplexicaule etc., ferner H. umbellatum, H. boreale etc. immer sicher zu erkennen sein. Wir haben dabei auf folgende drei Punkte vorzüglich zu achten:

1) sind die Knospen der ersten Gruppe viel kleiner, als die der zweiten;

2) wachsen die Knospen der ersten Gruppe sehr ungleichmässig, die obern nämlich viel rascher als die untern, während bei der zweiten Gruppe die Knospen am nämlichen Rhizom mehr eine gleiche Grösse zeigen;

3) entfalten sich die Knospen der ersten Gruppe, besonders die obern, viel rascher als die der zweiten Gruppe, wesswegen die erste Gruppe im Herbste meistens Rosetten besitzt, während die zweite es in der Regel nicht dazu bringt.

Bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse lassen sich zuweilen Innovationen unterscheiden, die einander sehr ähnlich sind, so z. B. diejenigen von H. vulgatum Fr. und H. tridentatum Fr., von denen das erstere zuweilen bloss geschlossene Knospen hat wie das zweite oder das zweite Rosetten wie das erste. Ich untersuchte Ende Oktober 1864 die Innovation beider Arten auf einer Localität in der Nähe von München. Beiden mangelten die Blätterbüschel vollständig. Aber bei H. tridentatum waren alle Knospen fast gleich und überschritten die Länge von 10 Millimetern nicht, während sie bei H. vulgatum an dem gleichen Rhizom von den kleinsten Anfängen bis zu 15 Millimetern Länge variirten. Bei der ersten Art befanden sich die Knospen (in der Zahl von 3—5) ziemlich in gleicher Höhe am Wurzelstock, bei der zweiten standen sie höher und tiefer und zeigten eine sehr ungleiche Entwickelung. Wäre

die Entwickelung etwas weiter fortgeschritten, so hätten sich bei H. vulgatum einzelne kleine Rosetten gebildet, während H. tridentatum bloss noch Knospen besessen hätte[7]).

Wenn aber auch viele Arten nach der emendirten Form des Differentialcharakters sich ziemlich sicher in die beiden durch die Innovation bestimmten Gruppen sondern lassen, so giebt es andere, die immer noch mit gleichem Rechte zu der einen und der andern gestellt werden können. Schon aus diesem Grunde wird die Benützung der Innovation zur Unterscheidung der Gattungssectionen misslich.

Der Hauptgrund aber, warum ich die Innovation als Merkmal für die Sectionen verwerfen muss, liegt darin, dass eine consèquente Durchführung zu unnatürlichen Anordnungen führt. Während H. glaucum, H. villosum, H. murorum mit H. vulgatum der Innovation nach zur ersten Gruppe gehören, müssen einige Formen, die ihrer Verwandschaft nach den genannten Arten sehr nahe stehen, zum Theil selbst nicht einmal spezifisch verschieden sein dürften, zur zweiten Gruppe gestellt werden[8]).

---

7) Ich bemerke noch, dass eine Verwechslung von H. tridentatum und H. vulgatum nicht möglich war, indem beide noch einzelne Blüthenköpfe hatten. Uebrigens hat der Autor der beiden Arten, E. Fries, die Pflanzen von der nämlichen Localität im Herbarium boicum untersucht und approbirt.

8) Christener hat in den „Hieracien der Schweiz" H. valde-pilosum Vill. zu den Accipitrinen gestellt, weil es, wie die Kultur zeige, mit grundständigen Knospen überwintere. Fries ist diesem Beispiel in den „Hieracia europaea exsiccata" gefolgt. Früher schon hatte Grenier (Flore de France) die nämliche Versetzung vollzogen, aber es ist mir zweifelhaft, ob er genau die nämliche Pflanze unter dem gleichen Namen verstanden hat.

Was die Pflanze der Schweizeralpen betrifft, so wurde sie sonst zu den Aurellen gestellt und dorthin gehört sie offenbar ihrer Verwandtschaft nach. Solange man alle ächten Hieracien in Aurellen,

Wenn auch die Innovation nicht dazu geeignet ist, die Hauptabtheilungen der Gattung Hieracium zu trennen, so darf sie doch als Merkmal nicht verworfen werden. Sie ist vortrefflich geeignet, um kleinere Gruppen von Species, oder auch nur einzelne Species und constante Varietäten zu charakterisiren, nicht sowohl, um als Unterscheidungsmerkmal beim Bestimmen zu dienen, als um die Natur der Pflanze und ihre Verwandtschaft feststellen zu helfen.

Als Unterscheidungsmerkmal ist die Innovation schon desswegen wenig geeignet, weil sie nur schwer ermittelt werden kann. Im Herbste, unmittelbar vor dem Einwintern, ist es meist unmöglich, die Standorte zu besuchen, wenn sie sich nicht zufällig in der Nähe befinden. Ferner sind die Pflanzen, weil sie verblüht und die Stengel abgestorben sind, oft schwer zu finden und zu erkennen. Ueberdem reicht eine einzige Beobachtung nicht aus; man muss die Pflanzen wiederholt und in verschiedenen Jahren gesehen haben.

Die Untersuchung der Innovation muss daher an Exemplaren, die man im Garten kultivirt, ausgeführt werden, eine Bedingung, die nur von wenigen Beobachtern erfüllt werden kann. Ich wäre wohl nie dazu gekommen, eine klare Einsicht über die Bedeutung der Innovation zu erlangen, wenn mir nicht eine grosse Zahl kultivirter Arten zu Gebot gestanden hätte. Aber obgleich sich gegenwärtig im Münchner Garten über 300 Sätze von Hieracien befinden, und ich alle im Herbst 1864, im Frühjahr 1865 und im Herbst 1866 auf den Neuwuchs untersucht und

Pulmonareen und Accipitrinen theilt, sollte man nach meiner Ansicht H. valdepilosum bei den Aurellen lassen, wo auch noch andere Formen mit Knospen überwintern.

verglichen habe, bin ich rücksichtlich mehrerer Formen doch noch im Unklaren [9]).

---

9) Ich habe in dem Vorstehenden immer nur von den Herbstbeobachtungen gesprochen; und zwar desswegen, weil die Beobachtungen im Frühjahr kein anderes Resultat geben und dabei im Ganzen schwieriger und zweifelhafter ausfallen.

Die Untersuchungen im Herbst sind leichter und sicherer, weil die Veränderungen in der Pflanze im Allgemeinen langsamer vor sich gehen und weil man eine versäumte, eine unvollständige oder eine zweifelhafte Beobachtung immer noch wiederholen kann. Im Frühjahr beginnt die Entwickelung oft früh, selbst zu einer Zeit, wo der Boden noch periodisch von Schnee bedeckt ist, und sie geht verhältnissmässig rasch von statten. Man ist daher nie sicher, ob man noch den Winterzustand oder schon eine Veränderung desselben vor sich habe. Ebenso zeigt uns jede folgende Beobachtung, die etwa um einen Zweifel zu heben oder um etwas zu berichtigen wiederholt wird, einen noch weiter veränderten und somit noch weniger brauchbaren Zustand.

Doch sind die Beobachtungen im Frühjahr, wenn sie mit denen im Herbste verglichen werden, nicht ohne Interesse. Ich will die Ergebnisse meiner Wahrnehmungen kurz zusammenfassen.

1. Man erkennt bei den Aurellen, Pulmonareen und Accipitrinen noch ziemlich spät im Frühjahr, ob die Rosetten aus überwinternden Knospen oder vorjährigen Rosetten hervorgegangen sind. Im erstern Falle bestehen sie bloss aus frischen Laubblättern und haben auch (sofern es Accipitrinen sind) die schuppenförmigen Niederblätter noch. Im letztern Falle haben sie einige alte, wohl auch halb verfaulte Laubblätter, und die Schuppen mangeln in der Regel. — Ich konnte nach diesen Merkmalen Ende April und Anfang Mai 1865 noch deutlich wahrnehmen, dass manche Aurellen und Pulmonareen bloss mit Knospen, manche Accipitrinen mit reichlichen Rosetten überwintert hatten.

2. Die Unterscheidung von dichten Rosetten (die vielen Aurellen und Pulmonareen eigenthümlich sind) und lockeren Rosetten (welche die meisten Accipitrinen charakterisiren) ist im Frühjahr leichter als im Herbste.

3. Die Thatsache, dass die obern Knospen am Rhizom sich rascher entwickeln als die untern, giebt sich im Frühjahr gleich-

Aus diesen Gründen bin ich der Ansicht, dass die In- ovation, soweit wir sie jetzt kennen, nicht ein Merkmal ist, ach welchem die Hieracien sich bestimmen lassen, wohl ber eine Eigenschaft, die uns wichtige Fingerzeige über ie Beziehungen der Formen zu einander giebt. Dabei darf ber nicht übersehen werden, dass es sich nicht in der ergebrachten Manier um die Anwesenheit von Rosetten der Gemmen, sondern darum handelt, wie die Gemmen und die Rosetten gebaut sind, in welcher Weise und in velchen Zeitverhältnissen sich die einen zu den andern ent- alten. Andeutungen hiefür habe ich in der letzten Mit- theilung gegeben; es handelt sich vorzüglich um die Art und Weise, wie die Niederblatt-, Laubblatt- und Hochblatt- bildung an einem Spross erfolgt, in welchem Maasse die Streckung der verschiedenen Internodien eintritt, welche Entwickelungsstadien der ganze beblätterte Spross durch- läuft und welche Zeitdauer dafür erfordert wird, endlich wie die Entfaltung der Axillarknospen am ganzen Spross

---

falls noch deutlicher kund. Auch bemerkt man, dass die untersten Knospen oft gar nicht zur Entwickelung gelangen, also mehrere Vegetationsperioden latent bleiben. — Bei den Piloselloiden treten die untern Axillarknospen, welche im Herbste oft winzig klein sind, deutlicher hervor. Auch bei dieser Gruppe beobachtet man sehr schön, dass einzelne Triebe im Frühjahr aus Knospen hervorgehen.

4. Die Frühjahrstriebe, welche aus Winterrosetten entstanden sind, tragen häufig an ihrem Grunde eine oder mehrere kleine geschlossene Knospen. Bei den Accipitrinen sind es meistens 3—5, bei den Aurellen und Pulmonareen oft nur 1, aber nicht über 2. Dieselben bleiben unter normalen Verhältnissen, während der nächsten Vegetationsperiode latent. Wenn aber, was bei jeder der drei Gruppen eintreffen kann, der Trieb in seinem obern Theile im Winter abgestorben und in seinem unteren Theile lebenskräftig geblieben ist, so wachsen diese kleinen Knospen im Frühjahr zu Sprossen aus, die im Sommer blühen.

vor sich geht. Die Innovation ist als Glied der ganzen Entwickelung und im Verhältniss zu den verschiedenen möglichen Formen dieser Entwickelung aufzufassen und dafür der genaue Ausdruck zu finden.

Ich bin vollkommen mit Fries einverstanden, wenn er mit Bezug auf andere Erscheinungen in der Geschichte der Hieraciенkunde sagt: „non novis nominibus sed novis observationibus opus est". Aber ich füge mit besonderer Rücksicht auf die Diagnostik hinzu: non novis sed exactis observationibus et exactis earum descriptionibus opus est.

Erklärung der Tafel.

I, II, III, IV bezeichnen die auf einander folgenden Sprossgenerationen. Die schraffirten Stengel sind abgestorben. Alle Figuren sind halbschematisch.

1, 2. Hieracium cymosum Lin. mit einer sitzenden und mehreren gestielten Rosetten. s . . . s Erdoberfläche.

3, 4, 5, 6. H. murorum Lin. Var. mit Rosetten und geschlossenen Knospen. r Rosetten. g Knospen.

7. H. murorum Lin. Var. mit kleinen geschlossenen Knospen (g). Die obersten zwei sind vertrocknet (g[1]).

8, 9. H. praealtum Vill. Var. obscurum, mit 1 und 2 Rosetten (r und s), und mit kleinen geschlossenen Knospen (g).

10, 11, 12. H. vulgatum Fr. g geschlossene Knospen; s auswachsende Knospe; r Rosette.

13. H. murorum Lin., im Geröll gewachsen, mit einer winzigen Rosette (r), einer auswachsenden Knospe (s), und mit geschlossenen Knospen, die höher (g) und tiefer (h) am Rhizom stehen.

14. H. Sendtneri Näg. mit grössern (g) und kleinern (h) geschlossenen Knospen.

15. H. Pilosella Lin. Var. vulgare aus den Alpen, mit einer sitzenden Rosette (r) und einem nach Art von H. glaciale gebauten Wurzelstocke.

---

32. Ueber die Entstehung und das Wachsthum der Wurzeln bei den Gefässcryptogamen.

In den Jahren 1864—1866 wurden von Herrn Prof. Leitgeb, der sich zweimal mit Urlaub in München befand, und mir gemeinsam mikroskopische Untersuchungen über die Entstehung und das Wachsthum der Wurzeln bei den Gefässpflanzen angestellt. Nachdem dieselben im September dieses Jahres zum Abschluss gelangt sind, theile ich die wichtigsten Ergebnisse betreffend die Gefässcryptogamen hier vorläufig mit. Eine weitläufigere durch zahlreiche Tafeln erläuterte Darstellung wird später im vierten Heft meiner Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik veröffentlicht werden.

Ich beginne mit einer Pflanze, welche wie alle andern Gefässpflanzen in der Erde wurzelt, ohne dass sie merkwürdiger Weise Wurzeln besitzt. Es ist die Gattung Psilotum. Ehe ich diese Verhältnisse erörtere, dürfte es zweckmässig sein, eine Bemerkung über das, was man unter Wurzel versteht, einzuschalten.

Es gab eine Zeit, wo man so ziemlich alle unterirdischen Theile einer Pflanze, Wurzeln nannte, und wo man ausserdem einige oberirdische Theile, die offenbar mit den unterirdischen grosse Analogie zeigen, ebenfalls als Wurzeln bezeichnete. Indessen erkannte man, dass die unterirdischen Theile morphologisch ungleichwerthig sind und dass die einen derselben die grösste Aehnlichkeit mit dem Stengel und den Aesten besitzen, indem sie ebenfalls Blätter und in deren Achseln Knospen bilden. Man beschränkte also den Begriff der Wurzel auf die übrigen Organe, welche keine Blätter und Axillarknospen tragen.

Es war wohl nicht gerechtfertigt, die Benennung, die bis-

her für eine Kategorie von Dingen gegolten hatte, auf einmal bloss für einen Theil derselben anzuwenden. Desswegen hat auch die botanische Terminologie im Leben sich keine Geltung verschaffen können. Der Landwirth und der Gärtner nennen immer noch alle unterirdischen Organe zusammen die Wurzel. Die Agrikulturchemie folgt diesem Beispiel, und selbst mancher Systematiker bedient sich in seinen Pflanzenbeschreibungen noch des Wortes Radix in der alten Bedeutung.

Die botanische Terminologie hat, indem sie den Begriff der Wurzel veränderte, einen Fehler begangen, der von der einseitigen morphologischen Wissenschaft später noch öfter wiederholt worden ist. Man bedachte nicht, dass die unterirdischen Theile einer Pflanze zusammen ein Ganzes bilden, das den oberirdischen entgegengesetzt ist, zwar nicht morphologisch aber doch physiologisch; — dass man daher den unterirdischen Theilen nicht ihren Namen nehmen durfte, ohne ihnen einen andern zu geben. Denn dieser Name, wenn er auch für die Pflanzenbeschreibungen nicht nothwendig ist, kann doch im praktischen Leben und bei physiologischen Erörterungen nicht entbehrt werden.

Das einzig Rationelle wäre gewesen, dem Ausdrucke Wurzel die hergebrachte, in der Wissenschaft und im Leben eingebürgerte Bedeutung zu lassen, und für die Theile, die man morphologisch unterschied, eine neue Benennung zu wählen. Die Missachtung dieser einfachen logischen Forderung führte den unvermeidlichen Uebelstand herbei, dass nun Wurzel für zwei verschiedene Begriffe gebraucht wird; und dieser Uebelstand wird wohl dauern, solange die Botanik an ihrer Terminologie festhält. Das Ungereimte des jetzigen Verfahrens wird recht handgreiflich, wenn man, wie bei Psilotum, auf eine Pflanze trifft, die, wie ich schon sagte, in der Erde wurzelt, ohne „Wurzeln" zu besitzen, — die ein Organ besitzt, welches in seinen physiologischen Funktionen sich wie eine Wurzel verhält, welches nach unten

wächst, welches das Aussehen und den Bau einer Wurzel hat, welches zur Befestigung und Nahrungsaufnahme dient, aber nicht „Wurzel" genannt werden darf, weil es morphologisch einen andern Charakter trägt.

Das Charakteristische der morphologischen Wurzel besteht nun darin, dass ihr Vegetationskegel von einer Wurzelhaube bedeckt ist, dass sie keine Blattanlagen erzeugt, und dass sie wohl immer im Innern des Gewebes entsteht. Andere Unterschiede, sei es im Bau, sei es in der Wachsthumsrichtung, sei es in der Funktion, existiren nicht, oder haben nur für gewisse Fälle Geltung. Damit soll nicht geleugnet werden, dass die morphologische Wurzel ein sehr ausgeprägtes und von den übrigen Theilen des Pflanzenstockes wesentlich verschiedenes Organ sei. Ich will nur hervorheben, dass sie sich bloss durch wenige, vielleicht durch ein einziges überall gültiges Merkmal zu erkennen giebt, wie diess übrigens auch bei den andern morphologischen Begriffen z. B. beim „Blatt" der Fall ist, welches sich ebenfalls weder durch den Bau, noch durch die Form, noch durch das Wachsthum, noch durch die Funktion vom Stengel unterscheidet [1]).

---

1) Die Benennung Blatt hat eine ähnliche Geschichte wie die Benennung Wurzel. Im täglichen Leben, wie früher in der Wissenschaft, versteht man darunter die grünen Blätter; es ist diess zugleich ein sehr wichtiger und markirter physiologischer Begriff. Die Botanik fand nun, dass mit den grünen Blättern in gewissen morphologischen Beziehungen verschiedene andere Organe übereinstimmen, welche im äussern Ansehen, in der innern Structur und in den Verrichtungen nicht die geringste Aehnlichkeit mit ihnen besitzen. In Folge dessen trug man den Ausdruck „Blatt" auf alle diese Organe, sie mögen Schuppen, Warzen, Stacheln oder Ranken sein, über, statt wie es wohl richtiger und praktischer gewesen wäre, für den neuen Begriff des morphologischen Blattes auch eine neue Benennung etwa „Phyllom" aufzustellen. So kommt es, dass Blatt selbst in der Wissenschaft eine doppelte Bedeutung hat, die allgemeine in der

Betrachten wir nun die unterirdischen Theile von Psilotum etwas näher. Dieselben können dem äussern Ansehen nach nicht von denen der andern Gefässpflanzen unterschieden werden. Man sieht ferner ebenfalls, dass sie aus zwei verschiedenen Organen bestehen und man glaubt daher, wie bei so vielen krautartigen Gewächsen Verzweigungen des Wurzelstockes und ächte Wurzeln (im morphologischen Sinne) vor sich zu haben. Eine genauere mikroskopische Untersuchung weist aber nach, dass alle unterirdischen Theile Verzweigungen des Wurzelstockes sind. Ich will daher die einen als die gewöhnlichen, die andern als die wurzelähnlichen Rhizomsprosse bezeichnen.

Die gewöhnlichen Sprosse des Wurzelstockes sind etwas stärker; sie haben eine mehr oberflächliche Lage. Mit Hülfe der Lupe bemerkt man an ihren Spitzen einzelne winzige „Blätter" von weisslicher Farbe und pfriemlicher Gestalt. Mit Rücksicht auf ihre anatomische Structur bestehen diese Rhizomsprosse aus einer parenchymatischen Rinde und einem centralen marklosen Gefässcylinder, in welchem ein Kreis von 3 oder mehreren getrennten Gefässgruppen (Vasalsträngen) sich befindet.

Die wurzelähnlichen Rhizomsprosse sind etwas schmächtiger und haben im Allgemeinen eine tiefere Lage. An ihren mehr gestutzten Enden lassen sich auch mit Hülfe des Vergrösserungsglases nie blattartige Organe erkennen. In dem centralen marklosen Gefässcylinder sind die Gefässe in eine einzige den Mittelpunkt einnehmende Gruppe vereinigt.

Dass die gewöhnlichen Sprosse des Rhizoms Stengelorgane im morphologischen Sinne sind, sieht man schon deut-

---

Morphologie und die beschränkte als grünes Blatt in der Physiologie und in der Systematik, wo Folium den Gegensatz von Bractea, Squama, Palea etc. bildet.

ich aus dem Umstande, dass einzelne derselben schief nach)ben wachsen und dann aufsteigend in oberirdische mit ;rünen Blättern besetzte Stengel sich verlängern. Dass die vurzelähnlichen Sprosse die gleiche morphologische Bedeu-;ung haben, wird schon durch die mit blossem Auge zu be-)bachtende Thatsache sicher angedeutet, dass einzelne der-;elben, statt wie gewöhnlich abwärts zu wachsen, mit ihren Spitzen sich schief empor richten, dass sie dabei an Dicke :unehmen und in gewöhnliche Rhizomsprosse sich umwandeln. Dem entsprechend findet man nicht selten gewöhnliche Rhi-:omsprosse, welche in ihrem untern Theile das Aussehen md den Bau der wurzelähnlichen Sprosse mit einer einzigen Gefässgruppe im Mittelpunkt des Gefässcylinders zeigen.

Diese Andeutungen werden durch die Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte bestätigt. Erstlich ist her-vorzuheben, dass den wurzelähnlichen Rhizomsprossen das Hauptmerkmal der morphologischen Wurzeln, nämlich die Wurzelhaube mangelt. Ihr Scheitelwachsthum ist ganz das nämliche wie bei den gewöhnlichen Wurzelsprossen und bei den oberirdischen Stengeln der gleichen Pflanze. An dem nackten Scheitel beobachtet man die Scheitelzelle, welche sich, wie bei den übrigen Gefässcryptogamen und bei den Moosen, durch schiefe Wände, die nach verschiedenen Richtungen alterniren, theilt.

Eine zweite eben so wichtige Thatsache ist die, dass die wurzelähnlichen Rhizomsprosse, wenn auch nicht winzige reduzirte „Blätter“ wie die gewöhnlichen Sprosse, doch zahlreiche Blattanlagen besitzen. Aber diese Anlagen bestehen bloss aus wenigen Zellen, die nicht über die Oberfläche hervorragen sondern im Gewebe versteckt bleiben. Man erkennt sie am besten im Längsschnitt, wo sie aus einer Scheitelzelle und aus 2—5 Zellen in der nämlichen charakteristischen Anordnung wie um die Scheitelzelle des Sprosses bestehen. Solche wenigzellige Blattanlagen kommen in gleicher

Menge auch an den gewöhnlichen Rhizomsprossen vor; hier aber entwickeln sich einzelne weiter. Erst wenn die gewöhnlichen Sprosse des Wurzelstockes an die Erdoberfläche treten, so bildet sich die Mehrzahl der Anlagen oder auch alle zu deutlich sichtbaren Blättern aus.

Diese Beobachtung ist auch desshalb bemerkenswerth, weil sie wohl den ersten Fall darbietet, wo das Vorhandensein von „Blättern" als Zellgruppen, die nicht über das Gewebe des Stengels vortreten, nachgewiesen werden kann. Die Morphologie nimmt zwar nicht selten an, dass an gewissen Stellen, namentlich in den Blüthen, einzelne Blätter oder ganze Blattkreise verkümmert seien, ohne eine Spur ihres Daseins zu hinterlassen. Thatsächliche Beweise für solche Annahmen mangeln bis jetzt. Es dürfte vielleicht auch da bei wiederholten Untersuchungen gelingen, Zellencomplexe aufzufinden, welche die wirkliche Anwesenheit der supponirten Organe darthun.

Die wurzelähnlichen Rhizomsprosse sind also mit Rücksicht auf die zwei entscheidenden Merkmale (Mangel der Wurzelhaube und Anwesenheit von Blattanlagen) ganz sicher Stengelorgane. Sie können im morphologischen Sinne keine Wurzeln sein. Es ist von keinem grossen Belange, weitere Analogien zwischen ihnen und den gewöhnlichen Rhizomsprossen aufzuzählen. Doch mag zur Erhärtung der grossen Verwandtschaft angeführt werden, dass beide in allen wichtigen Erscheinungen des Wachsthums vollkommen übereinstimmen, so namentlich auch darin, dass sie die Verzweigungsanlagen in der nämlichen Weise bilden. Es wird nämlich, wie bei der Entstehung der Blätter, aus einer der Scheitelzelle zunächst liegenden Zelle durch eine schiefe Scheidewand eine Zelle abgeschnitten, welche der Anfang des neuen Sprosses ist.

Die Uebereinstimmung, welche die wurzelähnlichen Rhizomsprosse mit den ächten Wurzeln anderer Pflanzen haben,

besteht darin, dass sie das nämliche Bestreben zeigen, nach unten zu wachsen, dass sie die gleichen Funktionen vollführen, und dass sie eine ähnliche Tendenz haben, die Gefässe auf einem möglichst kleinen Querschnitt in der Axe des Organs zu vereinigen.

Wir lernen somit den morphologischen Stengel in einer neuen Modifikation kennen, welche noch eine Stufe tiefer steht als die Niederblattregion der übrigen Gefässpflanzen und welche man wohl mit dem Namen Rhizoid bezeichnen könnte. Das ganze Stammgerüste von Psilotum besteht aus 4 Regionen:

1) Die blattlose oder Rhizoid-Region. Die Sprosse sind unterirdisch, bloss mit wenigzelligen nicht vortretenden Blattanlagen versehen, wachsen nach unten und functioniren wie Wurzeln.

2) Die Niederblattregion. Die Sprosse sind unterirdisch, mit spärlichen und winzigen Niederblättern an den Enden; sie wachsen im Allgemeinen horizontal.

3) Die Laubblattregion. Die Sprosse erheben sich aufrecht über die Erde und sind mit grössern grünen Blättern besetzt.

4) Die Hochblatt- oder Fruchtregion.

Die Sprosse der Rhizoid- und Niederblattregion bilden eine unterirdische, abwärts sich ausbreitende und verzweigende Krone, die Sprosse der Laubblatt- und Hochblattregion bilden die oberirdische Krone.

Ein Analogon zu Psilotum bietet uns die verwandte Gattung Selaginella. Zwar besitzen alle Selaginellen ächte Wurzeln (in morphologischem Sinne); und viele haben keine andern abwärts wachsenden Organe als die ächten Wurzeln. Indessen giebt es einige Arten (es gehören dazu S. hortensis, S. Martensii etc.), welche zwischen dem Stämmchen und den Wurzeln ein eigenthümliches Organ einschieben. Wir haben es Wurzelträger genannt.

Die Wurzelträger entspringen zu zwei an den Gabeltheilungen des Stämmchens, einer an der obern, einer an der untern Seite, so dass sie also opponirt sind. Meistens jedoch mangelt der eine derselben und zwar bald der untere, bald der obere. Die Wurzelträger haben ganz das Aussehen der Wurzeln, sie wachsen nach unten, sind bleich (oder auch roth gefärbt) und blattlos. Dass es jedoch keine eigentlichen Wurzeln im morphologischen Sinne sind, geht vornehmlich aus der Thatsache hervor, dass ihnen die Wurzelhaube mangelt. Sie wachsen wie die Spitze des Stämmchens mit einer unbedeckten Scheitelzelle, welche sich ebenfalls durch alternirend rechts- und linksgeneigte Wände theilt. Auch ist bemerkenswerth, dass sie unmittelbar am Scheitel des Stämmchens fast gleichzeitig mit der Gabeltheilung des letztern entstehen.

Die Wurzelträger sind bald unverzweigt, bald theilen sie sich einmal oder mehrmals gabelig. Wenn sie die Erde mit ihren Enden berühren, so schwellen diese kopfförmig an, wobei das Gewebe aufgelockert und die Zellwandungen dick und gallertartig werden. Zugleich entwickeln sich die eigentlichen Wurzeln, die schon vor einiger Zeit im Innern der Trägerenden angelegt wurden und jetzt das aufgelockerte Gewebe durchbrechen.

Offenbar ist der Wurzelträger von Selaginella morphologisch das nämliche Organ wie die wurzelähnlichen Rhizomsprosse von Psilotum und somit ebenfalls als Rhizoid zu bezeichnen. Von den Wurzeln der gleichen Species unterscheidet er sich durch den Mangel der Wurzelhaube somit durch ein anderes Scheitelwachsthum, und dadurch dass er nicht im Innern des Gewebes angelegt wird, somit durch eine andere Entstehungsweise. Ob die Wurzelträger, wie das Rhizoid von Psilotum, Blattanlagen besitze, konnten wir wegen der Kleinheit der Zellen und wegen des frühen

Aufhörens der Theilung in der Scheitelzelle nicht mit Gewissheit ermitteln.

Wenn auch der Wurzelträger von Selaginella die gleiche morphologische Bedeutung hat, wie das Rhizoid von Psilotum, so stimmen beide Organe doch nicht in ihren Verrichtungen überein. Denn der erstere betheiligt sich bei der Aufnahme der mineralischen Nährstoffe in keiner Weise. Er hat nur die Funktion, Wurzeln zu bilden, dieselben mit dem Stämmchen in Communikation zu setzen und vielleicht auch bis zu dem Zeitpunkt, wo die Wurzeln sich entwickeln, tropfbar flüssiges Wasser aufzunehmen.

Ein Hauptvorwurf unserer Untersuchungen war das Wachsthum der Gefässcryptogamen-Wurzeln. Sie beziehen sich auf Equisetum, die Polypodiaceen, Marsilia, Lycopodium, Selaginella und Isoëtes.

Ich muss sogleich bemerken, dass sich darunter zwei ziemlich scharfgeschiedene und charakteristische Typen unterscheiden lassen. Dem einen gehören Equisetum, die Polypodiaceen und Marsilia, dem andern Lycopodium, Selaginella und Isoëtes an. Man könnte sie nach dem in die Augen fallendsten Merkmal, mit welchem offenbar die andern mehr oder weniger innig zusammenhängen, die monopodial-getheilten und die gabelig-getheilten nennen. Die erstern zeichnen sich auch dadurch aus, dass sie theils wegen der Grösse ihrer Zellen, theils wegen besonderer Eigenthümlichkeiten des Wachsthums leicht zu studiren sind und ohne besondere Mühe sichere Resultate geben, während die letztern der Untersuchung die grössten Schwierigkeiten darbieten.

Bei allen ohne Ausnahme findet das Scheitelwachsthum

durch eine Scheitelzelle von pyramidaler Form statt. Dieselbe theilt sich durch schiefe mit ihren Seitenflächen parallele Wände, wodurch Segmente abgeschnitten werden, und durch quere, zur Wurzelachse rechtwinklige Wände, wodurch Kappen abgeschnitten werden. Die Segmente bilden den Wurzelträger, die Kappen die Wurzelhaube[2]).

Die Bildungsgeschichte der Wurzelhaube ist bei der ersten Gruppe (Equisetum, Polypodiaceen, Marsilia) vollkommen klar. Von der Fläche betrachtet (auf Querschnitten durch die Wurzelspitze), sieht man, dass die ziemlich rundliche primäre Kappenzelle („Kappenmutterzelle") zuerst durch Kreuztheilung in 4 Quadranten zerfällt. Von hier an wird die Zellentheilung mit jeder folgenden Generation weniger constant. Der nächste Schritt besteht zwar in der ungeheuren Mehrzahl der Fälle darin, dass jeder Quadrant durch zwei Theilungen in eine die innere Ecke einnehmende und zwei äussere Zellen zerfällt. Doch giebt es hievon schon einzelne Ausnahmen. — In der Regel findet man also in diesem Stadium 4 durch eine kreuzweise Wand geschiedene Zellen, welche um das Centrum gelagert sind und von 8 Zellen umschlossen werden. Jene 4 Zellen theilen sich zuweilen nicht weiter und sind dann auch noch in den spätern Stadien zu erkennen. Gewöhnlich aber erfolgt weitere Zellenbildung in allen Zellen, wobei man in günstigen Fällen noch längere Zeit das centrale Kreuz wahrnimmt. — Mit Rücksicht auf die Lage der ersten Kreuztheilung in der Kappe, bemerke ich noch, dass dieselbe in den auf einander folgenden Kappen regelmässig alternirt. Es hat also das erste

2) Hofmeister hatte früher angenommen, dass die Scheitelzelle der Wurzeln bei den Gefässcryptogamen sich bloss durch Querwände theile, welche abwechselnd dem Wurzelkörper und der Wurzelhaube genähert seien und somit dem einen und dem andern neue Glieder beifügen. Er hat diese Annahme für einige Fälle geändert. Sie ist aber sicher für alle zu verwerfen.

uz die gleiche Lage mit dem dritten und schneidet das ite unter einem Winkel von 45°.

Betrachtet man die Wurzelhaube auf Längsschnitten der rzelspitze, so sieht man die übereinander liegenden Kappen selben und bemerkt, dass dieselben in der Mitte stärker die Dicke wachsen als an den Seiten. Es strecken sich) die mittlern Zellen einer Kappe in der Richtung der ırzelachse. Dabei kommt es zuweilen vor, dass sie sich ilen und dass die Kappe in der Mitte zweischichtig wird. kann auch gänzlich in zwei Schichten zerfallen, wobei Mitte gewöhnlich drei- und vierschichtig wird.

Von der zweiten Gruppe (Lycopodium, Selaginella, oëtes) konnten wir trotz aller Mühe bloss so viel herausingen, dass die Entwickelungsgeschichte der Wurzelhaube ›glicher Weise die nämliche ist, indem nichts beobachtet ırde, was mit der ersten Gruppe im Widerspruche wäre. nzelne Zustände konnten als identisch nachgewiesen werden.

Eine wichtige Verschiedenheit zwischen den beiden ruppen besteht aber in der Form und Theilung der Scheitelle. Dieselbe ist bei den monopodial-getheilten Wurzeln quisetum, Polypodiaceen, Marsilia) im Querschnitt eieckig und gleichseitig. Die Divergenz der schiefen Wände trägt, da diese den Seitenflächen parallel sind, 120°. Die gmentspirale ist meistens rechtsläufig. Die Segmente egen in drei Längsreihen. Auf die Bildung von je 3 Segienten folgt in der Regel die Bildung einer Kappe. Zueilen indess tritt die Kappenbildung auch schon nach der ntstehung von bloss 2 Segmenten ein.

Eine besondere Sorgfalt und ein ungewöhnlicher Zeitufwand wurde auf die Scheitelzelle der gabelspaltigen Wureln (Lycopodium, Selaginella, Isoëtes) verwendet.)er Erfolg war ein verhältnissmässig geringer. Soviel ist edoch sicher, dass eine Scheitelzelle vorhanden ist und dass ie im Querschnitte keine dreieckige Gestalt zeigt. Ohne

Zweifel ist sie zweiseitig und bei **Lycopodium** vielleicht auch vierseitig, so dass die Segmente in zwei oder vier Längsreihen liegen.

Die Entstehung des Wurzelkörpers aus den Segmentzellen lässt sich bei den monopodial-getheilten Wurzeln sehr schön verfolgen. Die dreieckig-tafelförmigen Segmente, von denen eines den dritten Theil des Querschnittes einnimmt, theilen sich zuerst durch eine radiale Längswand in zwei ungleiche Hälften. Der Querschnitt der Wurzel zeigt nun 6 Zellen (Sextanten), von denen drei sich im Centrum berühren, während die drei andern nicht ganz bis zum Mittelpunkt reichen. Jede dieser 6 Zellen theilt sich dann durch eine tangentiale (mit der Oberfläche parallel laufende) Wand in eine innere und eine äussere Zelle. Die innere Zelle gehört dem Cambiumcylinder an, der also, mit Rücksicht auf den einzelnen Querschnitt, aus 6 um den Mittelpunkt herum liegenden Zellen entsteht, während die 6 äussern Zellen die Anlage für die Rinde darstellen.

Verfolgen wir nun zuerst die Entstehung der Rinde. Die primären Rindenzellen, welche in der Zahl von 6 den jungen Cambiumcylinder umlagern, können sich, im Querschnitte der Wurzel gesehen, in doppelter Weise theilen. Ist die Wurzel dazu bestimmt eine beträchtlichere Dicke zu erreichen, so wächst auch der junge Cambiumcylinder rasch an. Dadurch wird der Ring der 6 primären Rindenzellen auf einen grössern Durchmesser ausgedehnt, und in Folge dessen theilen sich dieselben, entweder alle oder nur die einen, durch radiale Längswände. In den dünnern Wurzeln unterbleibt diese Theilung.

Die Zahl der primären Rindenzellen, welche den Cambiumcylinder ringförmig umschliessen, beträgt somit schliesslich in den verschiedenen Wurzeln 6 bis 12. Dieselben theilen sich je durch eine tangentiale (mit der Oberfläche parallele) Längswand.

[redacted]

Der Querschnitt zeigt uns jetzt den Cambiumcylinder von zwei concentrischen Zellschichten umschlossen. Der innere Ring ist die Anlage für die Rinde, der äussere für die Epidermis. Die Zellen des äussern Ringes theilen sich in den meisten Fällen nicht mehr tangential. Die Epidermis bleibt einschichtig. Sie vermehrt ihre Zellenzahl bloss durch Wände, welche die Oberfläche rechtwinklig berühren, also durch radiale Längswände und durch Querwände.

Bei einigen Filices dagegen (Polypodium, Blechnum, Cystopteris) theilen sich die Zellen des äussern Ringes alsbald nach ihrer Entstehung durch eine tangentiale Wand in eine äussere und eine innere Zelle. Die Epidermis ist zweischichtig geworden; die Wurzel besitzt eine äussere und eine innere Epidermis. Beide bleiben fortwährend einander ähnlich; beide vermehren ihre Zellenzahl ziemlich in dem nämlichen Maasse[3]).

Der einfache Zellenring zwischen Epidermis und Cambiumcylinder, theilt seine Zellen zunächst durch eine tangentiale Wand, und zerfällt somit in zwei ringförmige Zellschichten. Aus der äussern entwickelt sich die äussere, aus der innern die innere Rinde. Jene kann im ausgewachsenen Zustande aus 1—5, diese aus 1—8 concentrischen Zellschichten bestehen.

---

3) Der Ausdruck Epidermis wurde hier in morphologischem Sinne genommen. In diesem Sinne nennen wir Epidermis die Zellschichte, welche in der Spitze der Wurzel (sowie des Stammes und des Blattes) nach Anlage des Cambiumcylinders (und Markes) von dem umgebenden Zellenringe nach aussen abgeschieden wird, und alles, was aus dieser Zellschichte hervorgeht. Die Epidermis wäre demnach allerdings meistens einschichtig, allein sie könnte auch zwei und mehrschichtig sein. — Passender indess und mit dem Sprachgebrauch übereinstimmender möchte wohl sein, immer bloss die äusserste Schicht Epidermis zu nennen und, wo eine oder mehrere Schichten hinzukommen, die den gleichen Ursprung haben, dieselben mit einem besondern Namen (etwa Endodermis) zu bezeichnen.

Diese beiden Rindentheile, die durch die Anlage scharf geschieden sind, geben sich auch in ihrem fernern Verhalten durch verschiedene Eigenthümlichkeiten als besondere Gebilde zu erkennen. So geschieht die Zellentheilung durch tangentiale Wände, wodurch die concentrischen Schichten vermehrt werden, in der äussern Rinde in centrifugaler, in der innern Rinde in centripetaler Folge, so dass also in jener die äussersten, in dieser die innersten Zellen die jüngsten sind. Die radialen Längswände dagegen, wodurch die Zellenzahl in einer concentrischen Schicht vermehrt wird, bilden sich in der ganzen Rinde von aussen nach innen, so dass in jüngern Stadien, wo die Zellen noch in radiale Reihen geordnet sind, diese Reihen sich nach aussen dichotomisch theilen.

Ein anderer Unterschied zwischen äusserer und innerer Rinde besteht ferner darin, dass die Zellen der erstern schon frühe ungeordnet erscheinen, indem namentlich die ursprünglich sichtbaren radialen Reihen gänzlich undeutlich werden, während die Zellen der innern Rinde noch längere Zeit eine regelmässige Anordnung in radiale Reihen und concentrische Ringe zeigen. In manchen Wurzeln ist dieser Gegensatz zeitlebens sichtbar.

Eine merkwürdige Verschiedenheit zeigt sich endlich darin, dass in der innern Rinde häufig intercellulare Luftgänge auftreten, welche der äussern Rinde immer mangeln. Diese Luftgänge sind, wie die Zellen selber, in radiale und concentrische Reihen geordnet, und vereinigen sich in den Wurzeln von Equisetum späterhin durch Zerreissen der Zellen. Die innersten Luftgänge befinden sich zwischen dem innersten und zweitinnersten Zellenring der innern Rinde, die äussersten zwischen dem äussersten Zellenring der innern und dem innersten der äussern Rinde. Die letztern vergrössern sich bei Marsilia stark und vereinigen sich mit den nächstfolgenden. Man beobachtet nun auf dem Querschnitt der Wurzel einen Kreis von grossen Luftgängen, welche mit

den äussersten Zellen der innern Rinde alterniren. Diese Zellen werden in radialer Richtung verlängert, und jede theilt sich in eine radiale Reihe von 2—4 Zellen, wobei die Scheidewände in centrifugaler Richtung sich folgen.

Diese Unterschiede zwischen äusserer und innerer Rinde gelten in aller Strenge für die Wurzeln von Equisetum und Marsilia, während die Wurzeln der Farne sich etwas abweichend verhalten. Zwar zeigen manche derselben an ausgewachsenen Wurzeln ebenfalls zwei verschiedene Rindentheile und es entsteht die ganze Rinde ebenfalls aus zwei ursprünglichen einfachen Zellenringen, von denen der äussere ein vorzugsweise centrifugales, der innere ein vorzugsweise centripetales Dickenwachsthum einleitet. Allein es ist nach unsern Beobachtungen nicht sicher, ob die Grenze der beiden Rindentheile im ausgewachsenen Zustande mit der Scheidewand, durch welche die primären Rindenzellen in zwei hintereinander liegende Zellen zerfielen, genau zusammentrifft.

Auch sind die Unterschiede zwischen den beiden ausgewachsenen Rindentheilen bei den Farnen anderer Art. Der innere besteht nämlich aus dickwandigen und langen, der äussere aus dünnwandigen und kurzen Zellen. Dabei ist der innere oft kleinmaschiger als der äussere, indem seine Zellen sich länger theilten. In beiden Beziehungen macht jedoch die innerste Zellschicht der innern Rinde eine Ausnahme, indem sie zartwandig und von den radialen Theilungen der übrigen Schichten verschont bleibt. Diese spätern radialen Theilungen in der innern Rinde folgen vorzugsweise in centrifugaler Richtung auf einander, im Gegensatz zu den frühern, welche centripetal verliefen.

Die Entwicklungsgeschichte des Cambiumcylinders zeigt uns bei den monopodial-verzweigten Wurzeln zwei Typen. Dem einen folgt Equisetum, dem andern die Filices und Marsilia. In der ersten Anlage besteht bei Allen, wie bereits gesagt wurde, der Cambiumcylinder auf dem Quer-

schnitte aus 6 Zellen, welche dem innern Theil der Sextanten entsprechen. Drei dieser 6 primären Cambiumzellen berühren sich im Mittelpunkt der Wurzel. Dieselben theilen sich bei Equisetum zunächst je durch eine tangentiale ziemlich halbirende Wand in eine innere und eine äussere Zelle, so dass der Querschnitt des Cambiumcylinders jetzt aus 9 Zellen, 3 inneren und 6 äusseren besteht. Jene theilen sich häufig nicht weiter; jedenfalls bleibt eine derselben immer ungetheilt. Dieselbe vergrössert sich rasch, und wird zum centralen weiten Gefäss, das man in allen ausgewachsenen Wurzeln (mit Ausnahme der allerdünnsten) beobachtet. In den 6 äussern Zellen beginnt ein Theilungsprocess, welcher vorzugsweise durch schiefe Wände vor sich geht und im Ganzen einen centrifugalen Charakter hat. In Folge dessen sind zuletzt die äussersten Zellen des Cambiumcylinders am kleinsten.

Bei den Filices und Marsilia theilen sich alle 6 primären Cambiumzellen gleichzeitig durch eine tangentiale Wand in zwei ungleiche Zellen. Die äussere von ziemlich schmal tafelförmiger Gestalt bildet die Anlage für ein eigenthümliches Gewebe, welches wir das Pericambium genannt haben, und welches das eigentliche Cambium als 1, 2 oder auch 3 schichtiger Mantel umhüllt. Die 6 primären Pericambiumzellen theilen sich auf dem Querschnitt der Wurzel zunächst ein- oder mehrmal durch radiale Wände, worauf tangentiale und radiale Wände abwechseln können. Die Pericambiumzellen der ausgewachsenen Wurzeln unterscheiden sich von den Zellen des eigentlichen Gefässcylinders durch ihre dünnen Wandungen und durch den schleimig-granulösen Inhalt. Auf dem Querschnitt übertreffen sie die Zellen des Gefässcylinders meistens beträchtlich an Grösse, während sie auf dem Längsschnitt durch ihre Kürze sich auffallend vor den angrenzenden Zellen der Rinde und des Gefässcylinders auszeichnen.

[redacted]

Das eigentliche, innerhalb des Pericambiums gelegene Cambium besteht anfänglich aus 6 Zellen, welche sich in ähnlicher Weise theilen wie die 6 primären Cambiumzellen bei Equisetum. Auch hier schreitet der Theilungsprocess, welcher, auf dem Querschnitt der Wurzel beobachtet, durch radiale, tangentiale und schiefe Wände stattfindet, vorzugsweise in centrifugaler Richtung fort. Wenn die Theilung aufgehört hat, sind die peripherischen Zellen bedeutend kleiner als die innersten.

Die Gefässbildung beginnt in allen monopodial-verzweigten Wurzeln in den äussersten Zellen des eigentlichen Cambiums. Bei Equisetum grenzen daher die ersten Gefässe unmittelbar an die innerste Rindenschicht, bei den Filices und Marsilia dagegen an das Pericambium. Diese ersten Gefässe, welche die „primordialen Stränge" darstellen, befinden sich meist auf zwei diametral gegenüber liegenden Punkten, zuweilen auf 3 gleichmässig über den Umfang vertheilten Punkten. Im letztern Falle beträgt der Abstand zwischen je zweien 120°. Es kommt auch vor, dass von den 3 Primordialsträngen einer ausfällt; die zwei übrigbleibenden sind dann so gestellt, dass die Abstände nahezu 120° und 240° betragen. Seltener treten die ersten Gefässe an 4 kreuzweis gestellten Punkten auf.

Die Gefässbildung, die je mit einem einzigen Gefäss beginnt, schreitet zuweilen zuerst nach rechts und links fort, so dass sich 2—5 tangential neben einander liegende Gefässe bilden. Nachher verläuft sie in centripetaler Richtung. Sie kann aber auch von dem ersten Gefäss aus sogleich sich nach dem Mittelpunkt wenden, wodurch sich eine einfache radiale Reihe von Gefässen bildet. Sie kann in dünnen Wurzeln mit dem ersten Gefäss schon zu Ende gehen, so dass die Primordialstränge nur je aus einem einzigen Gefäss bestehen. — Im Centrum des Gefässcylinders befinden sich 1 oder

mehrere weite Gefässe, welche erst spät verholzen. In den allerdünnsten Wurzeln mangeln sie.

Gleichzeitig mit dem ersten Sichtbarwerden der primordialen Vasalstränge treten zwischen denselben und in alternirender Stellung mit ihnen dickwandige kleinmaschige Zellgruppen auf. Sie gehören dem Bastkörper (Phloëm) des Gefässcylinders an, und grenzen ebenfalls entweder unmittelbar an die innere Rinde oder an das Pericambium. Die Ausbildung dieser Phloëmstränge geht ebenfalls von aussen nach innen.

Die morphologische Deutung der verschiedenen Elemente eines Gefässcylinders, d. h. ihre genetische Beziehung zu den ursprünglichen Zellen des Cambiumcylinders lässt sich nur an dünnen und sehr einfach gebauten Wurzeln ermitteln. Es ergiebt sich dabei als allgemeines Resultat, dass die Umbildung der Cambiumzellen in Gefässe und in Bastzellen nicht nach morphologischen sondern nach physiologischen Gesichtspunkten erfolgt.

Die physiologischen Ursachen bedingen eine gleichmässige Vertheilung über den Querschnitt, die morphologischen Ursachen dagegen würden Zellen, welche im Aufbau des Organs die gleiche Rolle spielen, ein analoges weiteres Verhalten zuweisen. Wenn drei primordiale Gefässgruppen und drei damit alternirende Phloëmstränge regelmässig über den Umfang des Cambiumcylinders vertheilt sind, so haben die gleichnamigen Gewebetheile auch die gleiche morphologische Bedeutung. Diese Fälle lassen daher die Frage unentschieden. Sind dagegen zwei opponirte oder vier ins Kreuz gestellte Primordialstränge vorhanden, so müssen sie morphologisch ungleichwerthig sein. Denn der Cambiumcylinder entsteht aus 3 grösseren Sextantenzellen, welche sich im Centrum berühren, und aus 3 kleineren Sextantenzellen, welche nicht bis zum Mittelpunkt reichen und die gewöhnlich mit den drei erstern regelmässig alterniren. Hat eine

[redacted]

Wurzel opponirte Gefässgruppen, so ist eine davon aus einem grössern, die andere aus einem kleineren Sextanten entstanden; und ebenso verhält es sich mit den damit ins Kreuz gestellten Baststrängen. In ganz dünnen Wurzeln, wo sich im Ganzen bloss zwei Gefässe ausbilden, die einander gegenüber liegen, lässt sich mit Bestimmtheit nachweisen, dass das eine davon einem ungetheilten kleinen Sextanten, das andere dagegen der äussern Hälfte eines einmal getheilten grössern Sextanten entspricht. In etwas dickern Wurzeln entstehen die beiden ersten oder einzigen Primordialgefässe aus Zellen späterer Generationen, die durch ein oder mehrmalige Theilung aus den genannten zwei Zellen (nämlich aus einer kleineren Sextantenzelle und der äusseren Tochterzelle einer grösseren Sextantenzelle) hervorgegangen sind.

Die gabeltheiligen Wurzeln (von Lycopodium, Selaginella, Isoëtes) unterscheiden sich, wie bereits angegeben wurde von den monopodial-verzweigten einmal dadurch, dass von der Scheitelzelle nicht nach 3, sondern nach 2 und vielleicht auch nach 4 Richtungen Segmente abgeschnitten werden. Ein anderer Unterschied besteht darin, dass in den gabeltheiligen Wurzeln die Segmente sehr rasch anwachsen und durch wiederholte Theilungen in sehr reichzellige Complexe sich umwandeln, ferner dass die Theilungen der Scheitelzelle sehr bald aufhören, indess die intercalaren Theilungen noch lange andauern und somit fast ausschliesslich das Längenwachsthum bedingen. Die natürliche Folge dieses Verhaltens ist, dass die Theilungsvorgänge in der Scheitelzelle und in den Segmenten nur mit der grössten Mühe und auch dann nur unvollständig und unsicher ermittelt werden können, obgleich die zwei- und vierzeilige Anordnung der Segmente für die Untersuchung viel günstiger wäre als die dreizeilige [4]).

4) Bei den monopodial-verzweigten Wurzeln dauert das Scheitel-

Gänzlich unklar sind uns die Theilungsvorgänge in den Segmenten und das Verhalten der spätern Gewebepartieen zu den Segmenten geblieben. Selbst bei Isoëtes, wo die Zustände etwas deutlicher sind, liess sich die Entwicklungsgeschichte mit vollkommener Sicherheit nur bis dahin zurückführen, wo Epidermis, äussere Rinde und innere Rinde je als eine einfache Schicht und der Cambiumcylinder als ungetheilte Zelle auftreten. Letzteres ist eine sehr bemerkenswerthe Thatsache. In den Wurzeln mit dreiseitiger Scheitelzelle besteht die erste Anlage des Cambiumcylinders aus 6, in einzelnen Fällen vielleicht auch bloss aus 3 Zellen, jedenfalls aber nicht aus weniger, da er von 3 Segmenten abstammt. Die einzellige Anlage des Cambiumcylinders bei Isoëtes beweist uns, dass er hier nur von einem Segment erzeugt wird. Die in zwei Zeilen befindlichen Segmente sind nämlich alternirend ungleich gross, so dass alle grösseren zusammen eine senkrechte Reihe bilden, ebenso die kleineren. Jene liegen auf der äussern (dem Schwesterzweige der Dichotomie abgekehrten) diese auf der innern (zugekehrten) Seite der Gabelzweige. Der Cambiumcylinder gehört der grössern Segmentreihe an.

Die Anordnung der Zellen in den jüngsten und ein-

---

wachsthum unbegrenzt; man findet an der Spitze derselben immer eine theilungsfähige Scheitelzelle. Ferner ist das Wachsthum der Scheitelzelle entweder demjenigen der Segmente an Intensität gleich oder wird nur wenig von demselben übertroffen; und mit dem Wachsthum hält die Theilung gleichen Schritt. Es ist daher die Scheitelzelle, von einer beträchtlichen Zahl von Segmenten umgeben, welche von den ersten Anfängen aus allmählich an Grösse zunehmen und dem entsprechend auch stufenweise mehr Wände zeigen. Dadurch sind Scheitelzelle und Segmente immer leicht kenntlich und das Studium der Entwicklungsgeschichte findet in jeder Wurzelspitze die nöthigen Anhaltspunkte, um zu entscheiden, wie die spätern Stadien aus den frühern hervorgehen.

fachsten Wurzeln spricht dafür, dass ein grösseres Segment, das im Querschnitt der Wurzel halbkreisförmig erscheint, sich zunächst in drei Zellen theile, von denen die beiden seitlichen eine dreieckige, kreisausschnittähnliche Gestalt haben, die mittlere das Centrum berührende Zelle aber von viereckiger Form ist. Die letztere theilt sich durch eine tangentiale Wand in eine äussere und eine innere Zelle, von denen die letztere die Anlage des Cambiumcylinders ist. Ganz auf die nämliche Weise scheint sich das kleinere Segment in 3 Zellen zu theilen, so dass der Cambiumcylinder von 6 Zellen umschlossen wird. Gemäss seiner Entstehungsweise ist er anfänglich viereckig, später wird er sechseckig.

Nach der Anordnung der Zellen ist es ferner sehr wahrscheinlich, dass die 6 den Cambiumcylinder ursprünglich umgebenden Zellen zunächst in eine äussere und in eine innere Zellschicht zerfallen. Jene wird zur Epidermis, diese theilt sich abermals concentrisch und bildet dadurch die einschichtigen Anlagen der äussern und innern Rinde. Durch weitere tangentiale Theilungen verwandeln sich diese einschichtigen Anlagen jede in mehrere Zellschichten, wobei der Zellenbildungsprozess in der innern Rinde deutlich einen centripetalen Verlauf hat.

Entsprechend der Thatsache, dass der Querschnitt aus zwei ungleichen Segmenten entsteht, zeigt er auch fortwährend eine ungleichseitige Ausbildung. Namentlich wächst die innere Rinde auf der Seite des stärkeren Segments viel lebhafter als auf der gegenüberliegenden. Schon sehr früh bilden sich in der innern Rinde luftführende Intercellularräume, und zwar in centripetaler Folge. Dieselben vereinigen sich dann in radialer Richtung, und später verwandeln sie sich in der stärkeren Hälfte der Wurzel durch Zerreissen der Zellen zu einer einzigen grossen Luftlücke, die sich durch starkes Flächenwachsthum der äussern Rinde bedeutend aus-

dehnt. In dieser grossen Höhlung ist der Gefässcylinder auf der einen Seite wandständig.

In den Wurzeln von Lycopodium beobachtet man hinter der Scheitelzelle ein ziemlich grossmaschiges Meristem, welches durch ungleiche Theilungen in den kleinzelligen Cambiumcylinder und die grösserzellige Rinde zerfällt. Doch ist keine deutliche Grenze zwischen den beiden Geweben erkennbar. Der Zellenbildungsprozess in der Rinde hört, auf dem Querschnitt gesehen, von aussen nach innen auf; die tangentialen und radial-senkrechten Theilungen dauern in dem innern Theil länger an und erzeugen eine kleinmaschige innere Rinde. Die Quertheilungen dagegen treten in der äussern Rinde häufiger ein, so dass auf Längsschnitten ihre Zellen auch viel kürzer sind als die engen prosenchymatischen Zellen der innern Rinde.

Später beginnt in der Rinde ein Verdickungsprozess der Zellwandungen, welcher die 2 oder 3 innersten Schichten unberührt lässt, von hier aus in centrifugaler Richtung fortschreitet und allmählich die ganze Rinde ergreift. Doch verdicken sich die Membranen der innern Rinde viel stärker als die der äussern. Zuletzt löst sich die äussere Rinde von der innern durch Zerreissung der Zellen los; und ebenso trennt sich die innere Rinde von dem Gefässcylinder, indem ihre unverdickt gebliebenen 2—3 innersten Zellschichten zerrissen werden.

Der Cambiumcylinder hat in den Wurzeln von Lycopodium eine bedeutende Mächtigkeit. Am Umfange desselben sondern sich mehrere (z. B. 6—8) gleichmässig vertheilte, hellere Stellen aus, welche sich centripetal zu Radien verlängern und in der Mitte sich in verschiedener Weise vereinigen. Sie bestehen aus wasserhellen nicht mehr theilungsfähigen Zellen, indess die seitwärts gelegenen mit trübem Inhalte gefüllten Cambiumzellen sich noch theilen. Am äussern Rande jeder dieser hellen Stellen beginnt in der

[redacted]

Mitte die Gefässbildung, welche zuerst tangential nach rechts und nach links, nachher in centripetaler Richtung fortschreitet. Es bildet sich also zunächst eine Querreihe von 8—12 Gefässen, auf welche dann in unmittelbarer Berührung eine zweite und dritte folgen kann. Dann entstehen, indem der Verholzungsprocess nach innen fortschreitet, abwechselnd Holzzellen und Gefässe.

Gleichzeitig mit dem ersten Sichtbarwerden der primordialen Gefässgruppen beobachtet man alternirend mit denselben und nur sehr wenig weiter einwärts gelegene Gruppen von kleinen, dickwandigen Zellen, welche als Bastzellen zu bezeichnen sind. Auch dieser Verholzungsprozess schreitet nach dem Centrum hin fort und bildet somit, abwechselnd mit den Xylemstrahlen, eben so viele Phloëmstrahlen. Wenn derselbe schon ziemlich weit vorgerückt ist, so beginnt die Verholzung auch an der Aussenseite der Phloëmstrahlen; sie geht hier nach aussen und nach beiden Seiten und bedeckt auch die primordialen Vasalgruppen mit einer oder zwei Schichten von dickwandigen Zellen.

In den Wurzeln von Selaginella und Isoëtes beginnt die Gefässbildung nur an einem einzigen Punkte, welcher an der Peripherie des Cambiumcylinders oder innerhalb derselben gelegen ist, und geht von da nach dem Mittelpunkt. Der primordiale Vasalstrang liegt in den Gabelzweigen auf der innern (dem Schwesterzweige zugekehrten) Seite. In den Wurzeln von Isoëtes ist also die Stelle, wo die Gefässbildung anhebt, dem kleinern Segment zugekehrt; sie bewegt sich gegen das grössere Segment.

Ein dritter allgemeiner Gegenstand unserer Beobachtungen betraf die Entstehung der Wurzeln bei den Gefässcryptogamen. Da die Anlegung derselben innerhalb des Stengels für die Untersuchung allzugrosse Schwierigkeiten und überdem eine äusserst geringe Aussicht auf Erfolg darbot, so wurde dieser Weg bald verlassen und wir beschränkten uns auf die Erforschung der Art und Weise, wie die Wurzeln zweiter und späterer Ordnungen innerhalb der Wurzeln selber angelegt werden.

In dieser Beziehung treffen wir bei den Gefässcryptogamen wieder zwei ganz verschiedene Typen. Dieselben trennen die nämlichen zwei Gruppen, welche auch schon durch ein verschiedenes Scheitelwachsthum charakterisirt wurden, nämlich die monopodial-verzweigten und die gabelig-getheilten. Ich will zuerst von jenen sprechen.

Bei allen monopodial-verzweigten Wurzeln (Equisetum, Polypodiaceen, Marsilia), und nur bei diesen, entstehen die Seitenwurzeln der Länge nach an einer Hauptwurzel, und zwar am Umfange des Gefässcylinders, wo sie genau den primordialen Vasalsträngen entsprechen. Da diese meist opponirt, seltener zu drei oder vier vorhanden sind, so finden wir auch meist zwei, seltener drei oder vier Zeilen von Seitenwurzeln.

Was nun die Zellen betrifft, welche die Wurzelanlagen bilden, so gehören sie nicht etwa, wie man erwarten möchte, dem Cambiumcylinder, sondern der innersten Rindenschicht an. Die Wurzelanlagen stossen also bei Equisetum unmittelbar an das primordiale Gefäss an; bei den Filices und bei Marsilia sind sie von demselben durch das ein- oder mehrschichtige Pericambium getrennt.

Die Wurzelanlagen treten meist in grosser Menge und sehr frühe auf, nämlich schon zu einer Zeit, wo die Gefässe noch nicht vorhanden sind. Sie reichen also bis nahe an den Scheitel der Mutterwurzel. Die Entstehungsfolge in jeder

Zeile ist eine streng akropetale, d. h. die jüngste Anlage befindet sich immer zunächst dem Scheitel; zwischen schon vorhandenen Anlagen bilden sich keine neuen. Die Wurzelverzweigung folgt also in dieser Beziehung dem Beispiel der Blattbildung. Adventive Wurzelverzweigungen giebt es bei den monopodial-verzweigten Wurzeln der Gefässcryptogamen nicht.

Alle einer Zeile angehörigen Wurzelanlagen entstehen aus einer Längsreihe von innersten Rindenzellen, nämlich aus derjenigen, welche vor dem primordialen Gefäss liegt. Diese wurzelbildenden Längsreihen sind zuweilen ausgezeichnet, so dass man sie auf dem Querschnitte erkennt, auch wenn sie daselbst keine Anlagen erzeugen. Bei den einen Pflanzen nämlich sind sie deutlich grösser als die übrigen Zellen der gleichen concentrischen Schicht. Bei andern, wo die innere Rinde eine kleinzellige Scheide mit verdickten Zellwandungen bildet, sind alle auf dem gleichen Radius mit den Primordialsträngen befindlichen innern Rindenzellen weit und dünnwandig und zeigen somit deutlich die Zellen an, aus denen Wurzelanlagen hervorgehen können. Diese wurzelbildenden Zellen entsprechen sehr häufig einem der ursprünglichen Sextanten, indem z. B. zwei gegenüberstehende Sextanten in der innersten Rindenschicht radial ungetheilt bleiben, während die andern daselbst sich radial theilen und 2 oder 3 nebeneinander liegende Zellen erzeugen.

Die wurzelbildenden Zellenreihen zeichnen sich auf dem Längsschnitt zuweilen vor den übrigen Zellen der innern Rinde durch die Kürze ihrer Glieder aus. Ist die Zelle, aus welcher eine Wurzelanlage entstehen soll, nicht schon vorher ziemlich isodiametrisch, so treten zuerst einige Quertheilungen ein, so dass die Breite und Dicke der Länge ungefähr gleich kommen. Ist ferner die Zelle klein, so vergrössert sie sich zunächst rasch nach allen Seiten. Darauf beginnen in der hinreichend grossen und ziemlich isodiame-

trischen Zelle die schiefen Theilungen, deren Wände nach der Achse der Mutterwurzel convergiren, nach der Peripherie auseinander weichen.

Die erste schiefe Wand in der Wurzelanlage, also diejenige, durch welche das erste Segment abgeschnitten wird, ist grundwärts gelegen (dem Scheitel der Mutterwurzel abgekehrt); die zweite und dritte liegen rechts und links. Damit ist die Scheitelzelle der Wurzelanlage dreieckig geworden; eine Ecke des Dreieckes schaut nach dem Scheitel, eine Seite nach der Basis der Mutterwurzel. Das erste Segment liegt quer, das zweite und dritte schief zur Achse der Mutterwurzel.

Nachdem durch die drei ersten schiefen Theilungen die Scheitelzelle der jungen Wurzel die Gestalt einer dreiseitigen Pyramide, die sie später immer behält, erlangt hat, theilt sie sich durch eine Querwand und bildet somit die erste Kappe der Wurzelhaube. Von hier an verfolgt das Scheitelwachsthum seinen regelmässigen Gang.

Die Theilung der Segmente geschieht ebenfalls von Anfang an nach der Norm, die späterhin eingehalten wird. So theilt sich jedes Segment in zwei Sextanten, und der Cambiumcylinder, welcher aus den innersten Theilen der Sextanten gebildet wird, ist von Anfang an sechseckig. Dieses Sechseck kehrt, entsprechend seinem Ursprung, eine Ecke dem Grunde und die gegenüberstehende dem Scheitel der Mutterwurzel zu. Eine Ausnahme hievon machen die Wurzeln von Equisetum, wo der sechsseitige Cambiumcylinder am Grunde einer Seitenwurzel um 30° gedreht ist, so dass zwei opponirte Seiten desselben die eine grundwärts, die andere scheitelwärts liegen.

Wenn zwei primordiale Gefässgruppen in der jungen Wurzel entstehen, was der gewöhnliche Fall ist, so liegen sie bezüglich der Achse der Mutterwurzel rechts und links. Sie befinden sich also jeder vor einer Seitenwand des sechseckigen

[redacted]

Cambiumcylinders und sie sind aus den zwei Segmentreihen entsprungen, welche schief zur Mutterwurzel gerichtet sind und der das zweite und dritte Segment angehören, während diejenige Segmentreihe, welche zur Achse der Mutterwurzel rechtwinklig gestellt ist und das erste Segment enthält, keine Gefässe erzeugt. Bei Equisetum befinden sich die zwei primordialen Gefässe in den zwei rechts und links liegenden Ecken des Cambiumcylinders.

Wenn das Pericambium mangelt, so berühren die Gefässe der jungen Wurzel unmittelbar diejenigen der Mutterwurzel (so bei Equisetum). Ist ein Pericambium vorhanden, so verwandeln sich einige Zellen desselben in kurze Gefässzellen, welche die Verbindung vermitteln.

Indem die junge Wurzel in die Länge wächst, drückt sie die ausserhalb gelegenen Rindenzellen zusammen. Nur die zunächst liegende Rindenschichte folgt zuerst dem gegegebenen Anstoss; sie stülpt sich nach aussen und vermehrt dabei durch radiale Theilung ihre Zellenzahl. Später aber wird sie ebenfalls zusammengedrückt und sammt den übrigen Zellschichten durchbrochen.

Vergleichen wir nun mit der Verzweigung der monopodialen, diejenige der gabeligen Wurzeln (von Lycopodium, Selaginella, Isoëtes). Leider treffen wir bei den letztern auf die nämlichen, scheinbar fast unüberwindlichen Schwierigkeiten, mit denen die Erforschung der Entwicklungsgeschichte bei ihnen überhaupt zu kämpfen hat. Die Vorgänge in der Scheitelregion konnten trotz der zahlreichen und gelungenen Präparate nicht klar zur Anschauung gebracht werden. Die Ursache davon liegt theils in dem undeutlichen Gewebe, theils vorzugsweise in der unmittelbar in der Scheitelregion rasch sich wiederholenden Verzweigung, so dass man sowohl auf Querschnitten als auch auf Längsschnitten die Wurzelanlagen und ihre Mutterstrahlen, nach denen sie beurtheilt werden müssen, entweder

beide zusammen oder doch die einen in schiefer Stellung vor sich hat, so dass die Anordnung der Zellen nicht enträthselt werden kann.

Die gabelig-getheilten Wurzeln stimmen mit den monopodial-verzweigten darin überein, dass die Wurzelanlagen in streng basifugaler Richtung entstehen, dass somit grundwärts von einer schon vorhandenen Verzweigung sich keine neue Verzweigung mehr bildet. Die Verschiedenheit aber beruht darin, dass bei den monopodial-getheilten Wurzeln die Anlagen immer in einer gewissen, wenn auch geringen Entfernung vom Scheitel auftreten und unter einander selbst durch merkliche Abstände getrennt sind, während sie bei den gabeligen Wurzeln in der Scheitelregion selbst zusammengedrängt, sozusagen zusammen geknäuelt sind.

Dieser Differenz entspricht ein in morphologischer Beziehung ungleicher Ursprung. Bei den monopodial-verzweigten Wurzeln bilden sich die Verzweigungsanlagen im Innern des Wurzelkörpers, nämlich aus den *innersten Zellen* der in allen Schichten angelegten Rinde. Bei den gabelig-getheilten Wurzeln entstehen sie in der *Scheitelzelle selbst* oder in den noch ungetheilten Segmenten. Sie befinden sich desshalb an der Oberfläche des Wurzelkörpers, *bloss* von dessen Wurzelhaube bedeckt.

Von dieser verschiedenen Entstehungsweise wird ein ungleicher Verzweigungscharakter bedingt. Bei den monopodial-getheilten Wurzeln stehen die Seitenwurzeln in 2 oder 3 (4) Längsreihen vor den primordialen Vasalsträngen. Bei den dichotomen Wurzeln findet meistens wirkliche Gabelung statt. Zuweilen indess haben die Wurzelverzweigungen stellenweise ein monopodiales Ansehen, aber dann stehen die Zweige nicht in Zeilen, die den Primordialsträngen entsprechen, sondern ohne Rücksicht auf die letztern in alternirenden (kreuzweise gestellten) Paaren *oder* einzeln mit der Divergenz $^1/_4$. Da nun die Wurzeln von

Lycopodium, Selaginella und Isoëtes entweder durchaus oder wenigstens in gewissen Regionen gegabelt sind und da ihr zuweilen und theilweise auftretendes monopodiales Aussehen möglicher Weise auf einem sympodialen Aufbau beruht, so glaubten wir, dass sie doch mit Recht als dichotome gegenüber dem wirklichen Monopodium mit vollkommener Abwesenheit von Gabelung bei Equisetum, Marsilia und den Filices bezeichnet werden können.

Da wir im Unklaren blieben, ob die Verzweigungsanlagen bei den gabeligen Wurzeln in der Scheitelzelle selbst oder in den Segmenten gebildet werden, so war es selbstverständlich auch unmöglich zu bestimmen, ob die beiden Gabelzweige in ihrem Ursprunge gleichwerthig seien oder nicht, ob also die Dichotomie in genetischer Beziehung eine ächte oder eine falsche sei. Wir haben nämlich die drei Möglichkeiten, a) dass die Anlagen der beiden Gabelzweige aus der Scheitelzelle, b) aus den beiden gegenüber liegenden letzten Segmenten entstehen und c) dass der eine Gabelzweig die Fortsetzung des frühern Strahls, der andere dagegen eine Neubildung aus einem Segment sei. Die beiden ersten Entstehungsweisen würden die wahre, die letztere die falsche Dichotomie anzeigen.

Bei Lycopodium kommen an den nämlichen Wurzeln dichotome und monopodiale Verzweigungen vor. Da es nun im höchsten Grade wahrscheinlich ist, dass sie alle genetisch gleich seien, so ist damit der Ursprung in der Scheitelzelle ausgeschlossen. An den Monopodien entstehen alle Zweiganlagen aus den Segmenten, welche entsprechend der vierzeiligen Zweigstellung wahrscheinlich ebenfalls in 4 Zeilen stehen, und von den beiden Gabelzweigen wird entweder nur einer oder beide (im letztern Falle mit Unterdrückung der Scheitelzelle) in den letzten Segmenten angelegt.

Für Isoëtes bieten sich zwei Möglichkeiten dar. Entweder sind die Scheitelzellen, wie es die Querschnitte durch

die Wurzelspitzen oft zu zeigen scheinen, zweischneidig. Dann müssen, wegen der Stellung der Segmente in den Gabelzweigen und wegen der kreuzweisen Stellung der auf einander folgenden Dichotomieen, die Anlagen der Gabeläste in der Scheitelzelle gebildet werden, und es muss die Theilungsrichtung der Scheitelzelle in den auf einander folgenden Verzweigungsordnungen je um 90° wechseln. — Oder die Scheitelzelle hat (wie es auch für Lycopodium wahrscheinlich ist) eine vierseitige Gestalt und die Segmente liegen in vier Zeilen. Dann können die Gabelzweige aus den Segmenten entstehen, wobei wahrscheinlich von jedem Zweig nur vier Segmente gebildet werden, wovon die zwei letzten die Verzweigungsanlagen bilden. Denn bei allen dichotomen Wurzeln folgen die Verzweigungen in der Scheitelregion so dicht auf einander und das intercalare Wachsthum hat so sehr, gegenüber dem Scheitelwachsthum, die Oberhand, dass sehr wahrscheinlich in jedem Falle das Gewebe eines Gabelzweiges aus nicht mehr als einem einzigen Segmentumlauf hervorgeht.

[redacted]

33. Die Piloselloiden als Gattungssektion und ihre systematischen Merkmale.

(Vorgetragen den 12. Januar 1867.)

Die europäischen Hieracien zerfallen in zwei natürliche Gruppen, die Piloselloiden und die eigentlichen Hieracien (Archieracium Fries). Die Arten dieser beiden Gruppen wurden schon vor Linné als generisch verschieden betrachtet, ihres verschiedenen Habitus wegen; aber sie wurden mit Arten anderer Gattungen zusammengestellt. So hat Fuchs (1542) als eine Art von Pilosella unser Hieracium Pilosella und als eine zweite Art unser Gnaphalium dioicum. Vaillant (1721) stellte die Gattung Pilosella für Hieracium Pilosella und andere einköpfige Crepideen auf.

Bei Linné (z. B. Spec. plant. Ed. 2) sind die Piloselloiden mit den Archieracien generisch vereinigt; aber sie sind selber noch mit Arten von Leontodon und Crepis vermengt. Haller (1768) und Allioni (1785) gehen in Beziehung auf die systematische Gruppirung der Arten nicht über Linné hinaus.

Villars, welcher zuerst ein richtiges Gefühl für die Verschiedenheit der variabeln und schwer fassbaren Hieracienformen bekundete, ist auch der erste, welcher die Piloselloiden als besondere Gruppe rein ausgeschieden hat. Die Charakterisirung lässt zwar noch beinahe Alles zu wünschen übrig. Er diagnostizirt sie in seiner Histoire des plantes de Dauphiné (1789) als II. Race durch die Merkmale: „Tiges nues, une ou plusieurs fleurs plus petites, feuilles blanchâtres et entières".

Diese richtige systematische Auffassung ging bei den Nachfolgern von Villars wieder verloren. So ist in der Flore française von de Lamarck und de Candolle (1805)

Hieracium aurantiacum mit Arten von Crepis und von Archieracium in eine Gruppe (Faux-liondents) vereinigt, während die übrigen Piloselloiden mit einigen Archieracien zusammen eine andere Gruppe (Piloselles) bilden. Diese Zusammenstellung wurde auch noch in dem Botanicon gallicum von Duby (1828) beibehalten.

Andere Autoren derselben Zeit folgten den Spuren Linné's; so Willdenow, Enum. pl. h. Berol. (1809) und in Suppl. (1813); ferner Marschall-Bieberstein, Flora taurico-caucas. (1808 und 1819); Besser Primitiae fl. Galiciae (1809); Suter Flora helvetica (1802) und Andere.

Erst Tausch (in der Flora 1828) stellte die Gruppe der Piloselloiden wieder rein her, und gab zugleich der erste eine wirkliche Begründung für dieselbe, sowie auch für das Genus Hieracium gegenüber den verwandten Crepideen, welches bei ihm zum ersten Mal unvermischt erscheint. Er theilt dasselbe in die beiden Rotten Pilosella und Aurella. Die Arten der ersten Rotte sind nach ihm meist stolonos, mit einem Blüthenschaft, mit kleineren Blüthen und mit am Rande gezähnten etwas rauhen Samen, während die stolonenlosen und grossblüthigen Arten der zweiten Rotte mehr gezähnte Blätter und einen ganzen Samenrand haben.

Von diesem Zeitpunkt an sind die Piloselloiden bei allen bessern Autoren als besondere Gruppe zusammengefasst. Nur wenige Bearbeitungen sind auf dem Standpunkt Linné's zurückgeblieben, so Hooker in British Flora (1835) und selbst noch Bertoloni in Flora italica (1850). Aber rücksichtlich der Diagnostik der Piloselloiden herrscht bei den Autoren Unsicherheit und Ungleichheit. Eine Erscheinung, die sich überall bei den Hieracien, sowohl bei den einzelnen Formen als bei Formengruppen zeigt, macht sich auch bei der Piloselloiden-Gruppe geltend, nämlich die, dass man eine systematische Einheit (Varietät, Species, Gattungssektion) als solche erkennt, lange bevor man die richtigen Unter-

scheidungsmerkmale für dieselbe findet und sich darüber verständigt.

Nicht der geringste Grund für die Zerfahrenheit in der Diagnostik der Hieracien ist der, dass man nicht strenge genug, oft auch gar nicht zwischen relativen und absoluten, zwischen wirklichen und potentialen Merkmalen[1]), zwischen Differentialcharakter und Umgrenzung des Formenkreises unterscheidet, wie es doch die einfachste Logik fordert. Dagegen hat sich sehr häufig ein Begriff geltend gemacht, der, wenn richtig gefasst, wenigstens bei den Hieracien als unverfänglich und naturgemäss nicht beanstandet werden kann, der aber in seinen Ausschreitungen alle möglichen diagnostischen Sünden verdeckt, ich meine den Begriff der typischen Merkmale.

Die typische Form und das typische Merkmal finden ihre unbestreitbare Anwendung, wo eine Formenreihe eine allmähliche Abstufung zeigt, und wo man genöthigt ist, aus einer solchen continuirlichen Reihe gleichsam willkürlich einige Stufen zur Orientirung herauszugreifen. Die Anwendung der Typen setzt die Transmutation der systematischen Einheiten voraus. — In diesem Sinne wurden sie aber am seltensten verstanden. Meistens drücken sie eine subjektive Vorstellung mit mehr oder weniger naturphilosophischem Hintergrunde aus, ohne der Forderung irgendwelcher exacten Methode zu genügen. Desswegen sind die Hieracien-Diagnosen oft schwer verständlich, und man ist nicht selten überrascht, wenn man die Wirklichkeit selbst in Original-Exemplaren mit einer Beschreibung vergleicht und so wenig Uebereinstimmung zwischen beiden findet. Diess rührt daher,

---

1) Ich verweise auf einige Bemerkungen hierüber in der letzten Mittheilung (vom 15. Dec.) über die Innovation bei den Hieracien.

weil der Autor uns nicht ein objektives Bild, sondern di subjektive Vorstellung giebt, die er sich von dem Typus de Form gemacht hat.

In der folgenden Besprechung der Merkmale beschränk ich mich auf die Vergleichung der europäischen Piloselloide mit den Archieracien. Zu den letztern zähle ich alle Arte der Aurellen, Pulmonareen und Accipitrinen mit Ausschlu von H. staticifolium Vill., welches von Grisebach (185 und von Fries (1862) mit Recht von den Archieracien, s es als Gattung, sei es als Sektion, getrennt wurde. Ich b ginne mit den vegetativen Organen und gehe dann zur Blüth und Frucht.

Es wurde bereits erwähnt, dass die Stolonenbildung a ein den Piloselloiden ausschliesslich angehöriges Merkm schon von Tausch hervorgehoben wurde. Er sagt von ihne „Herbae saepissime stoloniferae aut multicaules", währe die Archieracien „Herbae astoloniferae" genannt werden. I gleichem Sinne wurde dieses Merkmal von den meisten sp teren Autoren angewendet. Da ich in den letzten Mittheilung weitläufiger über diesen Punkt gesprochen, so wiederho ich hier bloss, dass manche Piloselloiden, aber nicht al die Fähigkeit besitzen, Ausläufer zu treiben, während dies Vermögen den Archieracien mangelt. Die Anwesenheit v wirklichen Stolonen zeigt uns also eine Piloselloiden-Art a während wirklicher und potentialer Mangel nichts entscheid

Unter den vegetativen Merkmalen verdient vorzügli noch die Form der Blätter Erwähnung. Schon Villars leg Gewicht auf die „feuilles entières" der Piloselloiden. W können sie folgendermassen charakterisiren: Blätter me schmal, immer allmählich in den Blattstiel verschmäle

ungetheilt, ganzrandig oder mit entfernten winzigen stumpfen Zähnen. -- Solche Blätter kommen zwar auch bei den Archieracien vor; aber der Formenkreis des Laubblattes ist hier viel grösser. Eine Pflanze mit an der Basis abgerundeten oder herzförmigen Blättern, mit grob- oder scharfgezähntem Blattrande, mit gelappter Spreite gehört nicht zu den Piloselloiden.

Ein weniger brauchbarer Charakter ist jedenfalls die „tige nue“ von Villars oder der „caulis scapiformis“ von Gaudin, Tausch, Monnier, Koch und Andern. Allerdings ist der aus einer bewurzelten Rosette entspringende sog. primäre Stengel entweder durchaus oder wenigstens in der obern Hälfte schaftartig, während die Stengel der Archieracien bald schaftartig, bald bis zum Blüthenstand beblättert sind. Aber die aufsteigenden Stolonen der Piloselloiden können ebenfalls ganz mit Laubblättern besetzt sein.

Die übrigen vegetativen Merkmale, die von den frühern Autoren gebraucht wurden, sind sur Unterscheidung ungeeignet. Monnier sagt von den Piloselloiden „herbae glaucescentes“; allein bekanntlich giebt es Arten mit grasgrüner Farbe unter ihnen. Der nämliche Autor führt die „pili saepissime stellati“ und Gaudin sowie Koch die „pili strigosi“ oder „pili setiformes“ als Charakter an; aber es giebt Formen ohne die eine oder andere dieser beiden Behaarungen. Farbe und Indument können in keiner Weise zur Unterscheidung benutzt werden, da sie bei den Piloselloiden und Archieracien in gleicher Weise variiren; sie dienen höchstens dazu, den Formenkreis der beiden Gruppen zu illustriren, da die verschiedenen Modificationen bei denselben in ungleicher Häufigkeit auftreten.

Es sind demnach die wahren Unterscheidungsmerkmale in der Blüthenregion zu suchen. Auch in dieser Beziehung wurden brauchbare und unbrauchbare Charaktere vorgeschlagen. Villars hat in der Diagnose der Piloselloiden die „fleurs

plus petites", d. h. kleinere Köpfe, welche auch von Tauscl sowie von Fr. W. und C. H. Schultz-Bipontinus wieder er wähnt werden. Damit verhält es sich wie mit der Färbun und der Behaarung. Es giebt Archieracien mit eben s kleinen Köpfen wie die kleinsten unter den Pilosolloide Wir können von den beiden Gruppen bloss so viel sage dass bei der letztern die kleinen, bei der erstern die grosse Köpfe häufiger vorkommen.

In die nämliche Kategorie gehört das von Monnier fü die Piloselloiden gebrauchte Merkmal „periclinium glanduloso pilosum"; denn es giebt Arten dieser Gruppe, welche kein Drüsen, und viele Archieracien, welche Drüsen am Invo lucrum haben. — Brauchbarer scheint die andere von Mon nier erwähnte Eigenschaft „periclinium maturitate refle xum", denn alle Piloselloiden stimmen nach seinem Zeug niss hierin überein, während bei den Archieracien die In volucralschuppen oft sich nicht zurückschlagen.

Fries giebt rücksichtlich des Involucrum einen ander Unterschied an. Er sagt von den Piloselloiden „Involucru irregulariter imbricatum", während die Gruppen von Ar chieracium erstlich durch „Involucri squamae in plur series contiguas dispositae" (Aurella), ferner durch „Invo lucrum interruptum, squamae exteriores irregulariter imbr catae" (Pulmonarea), endlich durch „Involucrum vulg spiraliter multiseriale" (Accipitrina) diagnostizirt sind. - Ich muss gestehen, dass es mir unmöglich ist, diese Unte schiede in der Natur zu erkennen. Meine Beobachtung ergeben folgendes Resultat. Die Involucralschuppen stehe wie es die Gesetze der Blattstellung verlangen, in ein regelmässigen Spirale, und ordnen sich demnach in schie nach rechts und nach links ansteigende Reihen. Sie nehm aber von aussen nach innen an Länge zu, zuletzt wieder a und dadurch wird die regelmässige Anordnung scheinb mehr oder weniger gestört. Die Störung ist um so geringe

je zahlreicher die Schuppen sind, weil mit der grössern Zahl auch die Zu- und Abnahme in der Länge mehr allmählich eintritt. Nun variiren aber diese Verhältnisse oft bei der nämlichen Pflanzenart, und ich finde unter den verschiedenen Formen der Species Hieracium Pilosella Lin. (in der Ausdehnung von Fries und Koch genommen,) Pflanzen, welche sich in der Anordnung der Involucralschuppen nicht von manchen Aurellen, andere die sich nicht von Pulmonareen und noch andere, die sich nicht von Accipitrinen unterscheiden lassen.

Die Beschaffenheit des Blüthenbodens wurde zuerst wohl von Hegetschweiler in den Diagnosen der Gattungs-Sectionen erwähnt, und von Grisebach zur Diognostik aller Sectionen verwendet. In Ermangelung eigener hinreichender Beobachtungen folge ich dem letztgenannten genauen Beobachter. Die Piloselloiden haben alle ein „receptaculum glabrum“, während von 8 Gruppen der Archieracien zwei durch „alveoli receptaculi ciliati“, die übrigen sechs durch „alveoli receptaculi glabri“ charakterisirt sind.

Mit Recht wurde von Fr. W. und C. H. Schultz, die Blüthenfarbe in die Diagnose aufgenommen. Die Archieracien haben nur gelbe Blumenkronen, während bei den Piloselloiden ausser den gelben auch rothe, rothgelbe und rothgestreifte vorkommen. Es kann also in einzelnen Fällen daraus ohne Weiteres eine Piloselloide erkannt werden.

Ebenfalls von Fr. W. und C. H. Schultz wurde der Mangel der Behaarung an der Spitze der Blumenkronen bei den Piloselloiden hervorgehoben „floribus apice glabris“, während die Archieracien bald kahle, bald behaarte Blumenkronspitzen haben.

Es bleiben noch die Merkmale der Frucht übrig, auf welche, da auch die übrigen Merkmale der Blüthenregion, wie wir eben gesehen, keine absolute Geltung haben, von den Beobachtern besondere Sorgfalt verwendet wurde. Sie beziehen sich auf die Grösse der Frucht, auf den Bau

der Federkrone, auf Farbe, Gestalt und Berippung der Frucht und auf die Beschaffenheit des Fruchtrandes.

Die Kleinheit der Piloselloiden-Früchte wurde besonders von Fries betont, welcher sie „achaenia minima" nennt und beifügt: „Achaeniis minimis certissime diagnoscuntur" (Symbolae 1848). Im Gegensatze dazu heissen die Früchte der Aurellen: „Achaenia inter affinia maxima", diejenigen der Pulmonareen: „Achaenia priorum vulgo breviora, sed Pilosellarum conspicue majora", und diejenigen der Accipitrinen „Achaenia mediocria". — Andere folgten diesem Beispiel. Grenier (1850) giebt den Piloselloiden „Akènes petits (2 millimètres)", den Aurellen „Akènes plus grands (4 millimètres) und den Pulmonareen nebst den Accipitrinen „Akènes un peu plus courts" (que ceux de la section précédente). Genauer wurden die Maasse von Grisebach (1853) angegeben; die Früchte der Piloselloiden sind nämlich $^3/_4$ — 1‴, diejenigen der Archieracien 1—2‴ lang. Damit war auch der Werth dieses Merkmals bestimmt; es hat bloss relative Geltung, und ist nicht im Stande gewisse Arten der einen und andern Gruppe unterscheiden zu lassen. Fries sagt zwar (Epicrisis 1862) im Gegensatze hiezu in der Diagnose der Piloselloiden „Achaenia minima" und in derjenigen der Archieracien „Achaenia priorum duplo saltim majora". Aber diese Angabe steht allzusehr im Widerspruch mit der Natur und auch mit der eigenen Aussage von Fries in der Einleitung zu den Symbolae, wo er die Grösse der Früchte einen „character nimis relativus" nennt. Näher kommen der Wirklichkeit F. W. und C. H. Schultz, welche die Länge der europäischen Piloselloiden-Früchte zu $^1/_2$—1, die Länge der amerikanischen Piloselloiden-Früchte zu 1—1$^1/_2$ und die Länge der Archieracienfrüchte zu $^5/_4$—[illegible] Linien angeben. — In der That giebt es bei den europäischen Piloselloiden so grosse Früchte, dass deren Länge 1 Linie oder 2$^1/_4$ Millimeter noch etwas übersteigt (H. Peleteri

[redacted]

num, H. alpicola, die Früchte des letztern sind bis $2\,^1/_2$ Millimeter lang; und anderseits kommen bei den Archieracien so kleine Früchte vor, dass deren Länge kaum 1 Linie oder $2\,^1/_4$ Millimeter erreicht (Formen von H. glanduliferum und H. piliferum, kleinköpfige Formen von H. murorum).

Auf die Verschiedenheit im Bau der Fruchtkrone machte zuerst Monnier (1829) aufmerksam, indem er sagt, die Haare derselben stehen meistens in einer einzigen Reihe um die Frucht herum; zuweilen jedoch finde man eine zweite unvollständige Reihe von kürzeren Haaren. Aber dieser Charakter wurde von ihm noch nicht für die Diagnostik verwendet. Frölich (in DC. Prodr. 1838) gab allen Hieracien einen „Pappus 1-serialis simplex." Von Hegetschweiler (1839) wurde er zuerst als Unterscheidungsmerkmal verwendet; die Piloselloiden haben nach ihm einen „sehr feinen haarförmigen einreihigen", die ächten Hieracien einen „zweireihigen Pappus". Genauer wurden diese Verhältnisse von Koch (1844) definirt, nämlich für die Piloselloiden „radii pappi tenuissimi, uniseriales aequilongi, uno alterove tantum breviori immixto", für die Archieracien „radii pappi crassiores, obscure biseriales, longiores brevioribus pluribus mixti".

Gestützt auf mikrometrische Messungen habe ich selber (1847) gezeigt, dass die Differenz in der Dicke der Pappus-Strahlen in manchen Fällen so gering ist ($^1/_{500}$—$^1/_{800}$‴), dass sie nicht mehr geschätzt werden kann, und dass sie zuweilen selbst Null wird. Ebenso habe ich angeführt, dass es Arten von Piloselloiden und von Archieracien giebt, welche mit Rücksicht auf Gleichförmigkeit der Fruchtkrone sich nicht von einander unterscheiden, indem bei beiden die kürzern Strahlen in gleichem Verhältniss unter die zahlreicheren längeren gemischt sind. Meine Ansicht wurde von dem in der Diagnostik so genauen und gewissenhaften Grisebach

(1853) getheilt, welcher die Differenz des Pappus als un-
brauchbar ganz aufgab.

Andere Autoren dagegen folgten dem Beispiele v
Hegetschweiler und Koch, wobei der Gegensatz sog
noch verschärft wurde. So gibt Fries den Piloselloid
(Symbolae 1848 und Epicrisis 1862) in der Diagnose ein
„Pappus uniserialis, radiis aequalibus tenuissimis" und d
Archieracien einen „Pappus rigidus, radiis biserialibus, lo
gioribus brevioribus immixtis"; während abweichend hievo
in der Einleitung zu den Symbolae gesagt wird „Papp
uniserialis (Piloselloideorum) sistit characterem ancipite
et a genuinis Hieraciis mihi haud alienum". Grenie
(1850) braucht ganz die gleichen diagnostischen Ausdrück
wie Fries. Die ausführlichste Beschreibung der Fruch
krone haben F. W. und C. H. Schultz gegeben (Flo
1862) nämlich für die Piloselloiden „Pappus albu
niveus v. sordidus, 1-serialis, setis tenuibus su
aequalibus breve dentatis accumbentibus, ita ut int
singulas interstitium, licet angustissimum observetur", — u
für die Archieracien „Pappus praecipue basi sordesce
biserialis, setis longius dentatis, inaequalibus, incumbentib
intimis longioribus inferne dilatatis, externis brevioril
tenuioribus".

Nach wiederholter Untersuchung kann ich im Pappus n
einen relativen Charakter finden, und zwar in ganz analog
Weise wie bei der Grösse der Frucht. Die Piloselloid
differiren wenig von einander. Sie haben meistens etwa
gleichlange Pappusstrahlen von geringer aber gleicher Stär
zwischen denen keine oder nur spärliche kürzere Strah
eingemengt sind. Doch stellt sich das Verhältniss der kur
zu den langen bei H. Pilosella wie 1:5, bei H. sabin
wie 1:4 und selbst wie 1:3. Bei letzterer Art zeichnen s
die langen Strahlen überdem durch ihre beträchtlich

Stärke aus, und ausser den langen und den kurzen Strahlen kommen solche von mittlerer Länge und Stärke vor.

Die Archieracien haben einen weit grösseren Formenkreis. H. murorum stimmt in der Zahl der kurzen und langen Strahlen ziemlich mit H. Pilosella; das Verhältniss ist nämlich bei ungefähr 30 langen wie 1 : 5. H. vulgatum und H. Jacquini dagegen kommen mit H. sabinum überein, indem die Zahl der kurzen zu den langen Strahlen sich wie 1 : 3, 1 : 4, und 1 : 5 verhält. Die starken Strahlen sind bei H. murorum, was ihren Leib betrifft, etwas schwächer, was dagegen die Zähne betrifft, etwas stärker als diejenigen von H. sabinum. — Bei der Mehrzahl der Archieracien sind die kurzen Strahlen in grösserer Menge vorhanden. Bei H. alpinum, H. rhaeticum, H. nigrescens z. B. verhalten sie sich zu den langen wie 1 : 2 oder wie 2 : 3. Dagegen ist das Verhältniss bei H. hispidum wie 1 : 3. — In der Gruppe von H. prenanthoides kommen ferner nur sehr wenige kurze Strahlen vor, während die langen zahlreicher sind als bei den übrigen Arten. Ihre Zahl steigt nämlich über 40, bei H. strictum über 50. Diese langen Strahlen sind aber von merklich verschiedener Dicke; die dünneren haben ungefähr den halben Durchmesser der dickern; jene verhalten sich zu diesen in der Zahl etwa wie 1 : 4. Man unterscheidet also bei den Prenanthoideen dreierlei Strahlen, wie das übrigens auch bei andern Archieracien der Fall ist, nämlich kurze und dünne, lange und dicke, und eine Uebergangsstufe, welche bald in Dicke und Länge ungefähr die Mitte zwischen jenen beiden hält, bald auch den einen oder andern sich mehr nähert.

Aus diesen Thatsachen geht unbestreitbar hervor, dass der „ein- und zweireihige" Pappus die Piloselloiden und Archieracien nicht als absolutes Merkmal zu unterscheiden vermag. Dagegen kann die Beschaffenheit desselben als ein eben so gutes relatives Unterscheidungsmerkmal für beide

Abtheilungen, und ein eben so guter absoluter Charakter für einzelne Arten und Gruppen von Arten erklärt werden als die Grösse der Frucht. Aber ehe an eine diagnostische Verwerthung zu denken ist, müssen zwei mühsame Vorarbeiten ausgeführt werden, nämlich die mikrometrische Messung der verschiedenen Pappusstrahlen und ferner die Zählung derselben bei allen Formen der Piloselloiden und der Archieracien.

Von der Frucht wurden ferner Farbe, Gestalt und Berippung zur Unterscheidung der Piloselloiden von den Archieracien benützt. F. W. und C. H. Schultz geben den erstern kohlschwarze, den letztern schwarze bis ledergelbe Früchte. Die Fruchtfarbe ist bei manchen Autoren ein beliebtes Unterscheidungsmerkmal für die Arten; mir scheint es in der Anwendung allzu unsicher zu sein. Ich finde bei der nämlichen Pflanze nicht selten helle und dunkle Früchte, beide anscheinend vollkommen reif. Desswegen herrscht auch bezüglich dieses Merkmals wenig Uebereinstimmung zwischen den verschiedenen Autoren. F. und C. Schultz nennen die Achaenien der Piloselloiden aterrima; Fries (in Epicrisis) sagt es seien alle im reifen Zustande fusco-nigra. Grisebach unterscheidet bei den Piloselloiden achaenia nigricantia, rufo-atra, rufa und pallide testacea. Ich bin hierüber zu keinem genügenden Abschluss gelangt. Ich vermuthe zwar, dass die Früchte aller Arten schwarz oder braunschwarz werden können; aber ich weiss nicht, unter welchen Bedingungen diese Färbung zuweilen ausbleibt. Desswegen mangelt mir auch noch die Form, unter der dieses Merkmal in die Diagnose der Piloselloiden-Gruppe aufzunehmen ist. Wenn F. und C. Schultz einfach achaenia *aterrima* sagen und sogar durch cursive Schrift hervorheben, so ist zu bedauern, dass mit keinem Wort auf die Ausnahmen in der Natur und auf die abweichenden Angaben genauer Beobachter hingewiesen und dieselben erklärt werden.

Was die Gestalt der Früchte betrifft, so sind diejenigen ›r Piloselloiden im Allgemeinen schmächtiger, diejenigen der rchieracien dicker; oder wie man sagt, jene mehr cylindrisch, iese mehr cylindrisch-kegelförmig. Auf dieses Merkmal legten risebach und später F. W. und C. H. Schultz Gewicht. ie nämlichen Autoren benützten auch die Berippung zur nterscheidung. Die Piloselloiden haben nach denselben 0 ziemlich gleiche, stark vorspringende Rippen, welche mit uerrunzeln oder kleinen Stacheln besetzt sind. Die Archieracien dagegen haben 10—13, oft etwas ungleiche, tumpfere und glattere Rippen. Auch diese Merkmale ind bloss von relativer Bedeutung. Namentlich giebt es inige Archieracien (H. piliferum und H. glanduliferum ehören dazu), bei denen die zahnartigen Erhabenheiten auf en Rippen eben so deutlich oder selbst deutlicher hervorreten als bei manchen Piloselloiden.

Schliesslich ist noch ein Merkmal zu nennen, welches en Fruchtrand betrifft, und schon von Tausch (1827) aneführt wurde. Derselbe gab den Piloselloiden „semina ıargine dentata" und den Archieracien „semina margine ıtegra". Monnier (1829) bediente sich der nämlichen usdrücke. Sehr gut wurde der Fruchtrand von Grenier 1850) beschrieben, für die Piloselloiden mit akènes non ordés au sommet qui (dans les akènes mûrs) est fortement crénelé par le prolongement des sillons qui séparent s côtes" und für die Archieracien mit „akènes portant u sommet un bourrelet non denticulé par les sillons t les côtes qui se terminent contre lui." In gleicher Weise edienten sich dieses Merkmals auch Grisebach (1853) nd F. W. und C. H. Schultz. Die meisten Autoren aber rwähnen des Fruchtrandes gar nicht, so namentlich Fröich (1838), Koch (1837 und 1844), Fries (1848 und 862), obgleich er uns das einzige absolute Merkmal an die land giebt. Die Piloselloiden-Früchte haben am obern Rande

10 vorstehende Zähne, welche man sowohl in der Seit ansicht als besonders deutlich in der Ansicht von o nach Wegnahme des Pappus beobachtet, während die chieracien - Früchte einen etwas verdickten ungezähn Rand haben.

Die Diagnosen für die beiden Hauptabtheilungen Gattung Hieracium sind also folgendermassen zu fass

Piloselloidea. Die Rippen der Frucht endigen kleine zahnartige Vorsprünge, so dass der obere Frucl rand gezähnelt erscheint.

Innovation durch Ausläufer oder sitzende I setten, selten bloss durch geschlossene Knosp Blätter ungetheilt und ganzrandig oder mit entfe ten winzigen, stumpfen Zähnchen, allmählich in d Blattstiel verschmälert. Involucralschuppen zule zurückgeschlagen. Alveolen des gemeinsamen Blüth bodens gezähnt, neben den Zähnen kahl. Blüth an der Spitze kahl; meistens durchaus gelb, zuwei auf der Rückseite rothgestreift, seltener ro braunroth oder orange. Früchte ³/₄ bis wohl 1 Li (1½ bis fast 2½ M. M.) lang, mehr cylindrisch. 10 Rippen der Frucht ziemlich gleich, scharf v springend, von deutlichen Querrunzeln oder winzi Zähnchen rauh. Fruchtkrone aus dünnen kurzgezä ten Strahlen bestehend, unter welche wenige o keine kurzen Strahlen gemengt sind.

Archieracia. Der obere Fruchtrand etwas verdi nicht gezähnelt.

Innovation durch sitzende Rosetten oder schlossene Knospen (nicht durch Ausläufer.) Blä oft gezähnt oder getheilt, nicht selten am Grunde gerundet oder herzförmig. Involucralschuppen letzt aufrecht oder zurückgeschlagen. Alveolen gemeinsamen Blüthenbodens bloss gezähnt oder ne

en Zähnen noch gewimpert. Blüthen durchaus gelb ıngestreift); an der Spitze kahl oder behaart. Früchte bis 2 Linien (2¼—4½ M. M. lang), mehr cylinrisch-kegelförmig. Die 10—13 Rippen der Frucht ft ungleich, weniger scharf vorspringend, bald on winzigen Zähnchen rauh, bald fast glatt. Fruchtrone aus dünnen oder dickern, länger gezähnten trahlen bestehend, unter die bald wenige, bald ahlreichere kurze Strahlen eingemengt sind.

Die Piloselloiden nehmen als Ganzes gegenüber den rigen Hieracien bei den Autoren einen verschiedenen Rang . Wir können drei Arten der Einordnung unterscheiden, lche als ebenso viele Stufen in der fortschreitenden Erkennts gelten können. Auf der ersten Stufe traten die Piloselden als die Untergruppe einer Gattungs-Section auf; auf der eiten wurden sie mehreren Sectionen der Archieracien rdinirt; auf der dritten Stufe stellte man sie allen Areracien gegenüber, sei es dass man die Gattung Hieram in zwei Sectionen oder in zwei Gattungen zerlegte, denen die eine durch die Piloselloiden gebildet wurde.[1]) Zu den Autoren, welche in der ersten Weise gliederten, ören Fröhlich (1838) und Hegetschweiler (1840). Nach der zweiten Weise verfuhr schon Villars (1789), n Monnier (1829), Koch (1837 und 1844), Fries 48), Grenier (1850).

---

1) Ich habe hier der noch tiefer stehenden Behandlungsweise, he Piloselloiden mit Archieracien oder mit Arten anderer Gaten durch einander mengte, nicht mehr erwähnt, da ich davon n Eingangs gesprochen habe.

Den dritten und richtigsten Weg betrat schon Tausch (1828), dann Grisebach (1853), der aber eine Art der Archieracien unnatürlicher Weise als Gattung abtrennte, Fries (1862), F. W. und C. H. Schultz-Bipont (1862).

Der Grund, warum ich das letztere Verfahren als die allein naturgemässe erkläre, besteht darin, weil zwischen den Piloselloiden und den Archieracien eine Kluft besteht, welche durch keine Zwischenformen, auch durch keine Bastarde ausgefüllt ist, während eine solche Kluft unter den Archieracien nicht vorkommt, wo wir durch Mittelformen von irgend einer Art auf verschiedenen Umwegen zu allen andern Arten gelangen können. Desswegen halte ich auch die Gattung Schlagintweitia (intybacea) für naturwidrig, denn diese Pflanze geht durch die unmerklichsten Abstufungen in H. picroides und dann in H. prenanthoides über.

Wenn einmal die Frage über den Rang der Piloselloiden in der Weise entschieden ist, dass sie allen Archieracien zusammen als coordinirte Gruppe gegenüber zu stellen sind, so halte ich die fernere Frage, wie dies geschehen soll, für weniger bedeutend. Tausch, Grisebach und Fries haben aus den beiden Gruppen zwei Hauptabtheilungen einer Gattung, F. W. und C. H. Schultz zwei Gattungen gemacht. Nach meiner Ansicht wird es immer Gruppen von Arten geben, die man mit gleichem Rechte als Subgenera und als Genera betrachten kann. In zweifelhaften Fällen aber halte ich es für besonnener, an dem Hergebrachten festzuhalten, und die Neuerung, sie mag nun als Trennung oder als Vereinigung erscheinen, zu unterlassen.

Für die generische Trennung scheinen mir folgende Bedingungen als unerlässlich bezeichnet werden zu müssen:

1) Uebereinstimmung im ganzen Verhalten, also innigere natürliche Verwandtschaft unter den Arten der einen u. unter den Arten der andern Gruppe, — und Differenz

ganzen Verhalten, also geringere natürliche Verwandtschaft zwischen den beiden Gruppen.

2) Mangel von (constanten oder hybriden) Zwischenformen zwischen den beiden Gruppen, die Arten der gleichen Gruppe können durch Uebergangsglieder verbunden sein oder nicht.

3) Vorhandensein von absoluten (nicht bloss von relativen) Unterscheidungsmerkmalen.

Mit Rücksicht auf diese Bedingungen halte ich es für angemessener, die Piloselloiden bei der Gattung Hieracium zu lassen. Denn was den Differenzialcharakter betrifft, so muss derselbe, da er allein in den vorstehenden winzigen Zähnchen am Fruchtrande besteht, gewiss als sehr subtil bezeichnet werden. Rücksichtlich der natürlichen Verwandtschaft und des Mangels an Zwischenformen, ist allerdings anzuerkennen, dass die europäischen Arten der einen und andern Gruppe durch eine Kluft getrennt sind, und dass die Piloselloiden einen übereinstimmenden Habitus besitzen. Doch ist dieser Habitus jedenfalls nicht so markirt, dass er die Arten ohne Weiteres der einen von den beiden Gruppen zuzutheilen im Stande wäre. Ein Beispiel gibt uns H. subnivale Gren. et Godr., welches von Grenier und von Grisebach zu den Archieracien, von Fries dagegen zu den Piloselloiden gestellt wird. Wir haben hier eine Art, die wohl unzweifelhaft zu den Archieracien gehört, aber im Habitus eine grosse Annäherung zu den Piloselloiden zeigt. — Eine andere Species, welche gewissermassen den Uebergang zwischen den beiden Gruppen vermittelt, ist H. alpicola Schl. In der vegetativen Sphäre ist es deutlich eine Piloselloide, in der Blüthenregion zeigt es bezüglich einzelner Merkmale eine grosse Annäherung an H. glanduliferum und H. piliferum, wobei zu bemerken ist, dass diese beiden Archieracien in der Kleinheit der Früchte sich an die Piloselloiden anschliessen. Als eine nicht unwichtige Thatsache muss auch hervorgehoben werden, dass, während alle übrigen mir

genauer bekannten Arten der Piloselloiden durch Zwischenformen zusammenhängen, H. alpicola davon durch eine Kluft getrennt ist, so dass es gleichsam wie eine Insel zwischen den beiden Continenten der Piloselloiden und Archieracien liegt.

Diess sind die Gründe, welche mich bestimmen, die Piloselloiden nicht als Gattung zu trennen. Wenn Fries in neuester Zeit (Hieracia europaea exsiccata 1865), dem Beispiele von F. W. und C. H. Schultz folgend, sie als besonderes Genus aufzählt, so scheint es mir nicht aus innern Gründen geschehen zu sein, sondern um zu zeigen, wie in einem solchem Falle die Autoritäten festgestellt werden müssten.[2]) Denn er sagt: „Pilosellarum subgenus utrum distinctum

---

2) Dass ich in dieser Beziehung die Ansichten von Fries theile, habe ich schon in einer frühern Mittheilung (vom 5. Mai) ausgesprochen. F. W. und C. H. Schultz haben zwar den Usus für sich, wenn sie in Folge der Gattungsänderung auch allen Species ihre eigene Autorität beisetzen; dass es in der That aber ein Abusus sei, zeigt sich bei solchen Gelegenheiten deutlich.

Namen und Autorität sind in unserer Vorstellung zu einem Ganzen verwachsen, so Auricula Linné, pratense Tausch, florentinum Allioni, auriculaeforme Fries, alpicola Schleicher. Auch wird in diesen Autoritäten schon die Geschichte der Arten deutlich; das historische Colorit verschwindet, wenn jeder Species ein gleichförmiges Sz. Sz. angehängt ist. Nach meiner früher dargelegten Ansicht sollte der Name des Autors unter allen Umständen einer Form bleiben, mag dieselbe als Varietät oder als Art der gleichen Gattung oder als Art einer andern Gattung aufgezählt werden. Denn nur auf diese Weise ist jede Verwechslung unmöglich gemacht. Ich habe (ebenfalls in der Mittheilung vom 5. Mai) gezeigt, dass Hieracium stoloniflorum Fries (und der übrigen Autoritäten) eine andere Pflanze ist als das ursprüngliche H. stoloniflorum von W. K. Wir erhalten nun noch eine Pilosella stoloniflora Sz. Sz., aber ohne zu wissen, ob damit die Art von W. K. oder von Fries gemeint ist. Die Genauigkeit würde also jedenfalls verlangen, dass auch die erste Autorität noch beigefügt werde.

censeamus an Hieraciis subjungamus, prorsus arbitrarium est. In Europa optime limitatae sunt, in America prorsus confluunt". Ich kenne die nordamerikanischen Hieracien nicht, um mir ein Urtheil zu erlauben, und habe im Vorstehenden immer nur mit Rücksicht auf die europäischen geurtheilt. Wenn aber sich die Sache so verhält, wie Fries in den citirten Worten angibt, so kann es meiner Ansicht nach nicht mehr frei stehen, ob man die Piloselloiden trennen will oder nicht; eine generische Trennung ist dann überhaupt unstatthaft.

Ich füge den vorstehenden Bemerkungen über die Abgrenzung, die Charakterisirung und die systematische Bedeutung der Piloselloiden noch eine Uebersicht der Merkmale bei, welche die Formen innerhalb der Gruppe von einander unterscheiden lassen.

I. Ueberwinterung.

Dieselbe geschieht a) mit Knospen und b) mit Blätterbüscheln (Rosetten). Die letztern sind entweder am Wurzelstock und an der Stengelbasis sitzend, oder sie sind auf einem bald unterirdischen, bald oberirdischen Ausläufer gestielt. Hierüber verweise ich auf das in den Mittheilungen vom 10. November und 15. Dezember Gesagte.

II. Innovation.

Dieselbe findet statt a) durch Stengel, welche aus sitzenden Rosetten oder Knospen erwachsen. Diese Stengel sind α) von der Basis an aufrecht, β) aufsteigend.

b) durch Ausläufer, welche in eine bewurzelte Rosette endigen (aus der sich dann der blühende Stengel

erhebt). Die Stolonen sind bewurzelt oder unbewurzelt oberirdisch oder unterirdisch, im letztern Falle horizonta oder schief, kurz oder lang, dick oder dünn, mit Nieder blättern (Schuppen) oder mit Laubblättern besetzt, und i letzterem Falle mikrophyll oder homophyll, je nachdem ihr Laubblätter kleiner sind als die Blätter der Rosette, ode mit denselben gleiche Grösse haben.

c) durch Flagellen d. h. Ausläufer, welche nich in eine bewurzelte Rosette ausgehen. Dieselben endigen entweder steril oder in einen Blüthenstand; sie sind ent- weder ganz unbewurzelt oder im untern Theile mit Wurzel versehen.

Im Vorstehenden glaube ich die natürlichste Eintheilun der Innovationsformen gegeben zu haben. Sie weicht von de bisherigen Behandlungsweise ab. Hiebei ist vorzugsweis Fries zu nennen, welcher besondern Werth auf diese Ver hältnisse gelegt und dieselben für die Diagnostik benutz hat. Doch gestehe ich, dass mir trotz aller Mühe seine In tentionen unklar geblieben sind. Derselbe unterscheidet Sto lones, Flagella und Sarmenta; und es scheint mir de Hauptgesichtspunkt dabei der zu sein, dass die Stolonen ein krie chendes Rhizom bilden, die Flagellen und Sarmente dagege nicht; doch widerspricht dieser Deutung die Anwendung Bei den Pilosellinen, Auriculinen und Rosellen, dene ein Rhizom zugeschrieben wird, spricht zwar Fries imme auch von Stolonen; und von den Cymellen, denen da Rhizom abgesprochen wird, heisst es in der Epicrisis: „Ra dix non repens, passim flagellifera". Dagegen werde dann mehrere Arten der Cymellen sowohl in der Epicris als namentlich in den Symbolae wieder mit Stolonen au geführt, obgleich ihnen das Rhizom mangelt.

Wir finden bei Fries für die ausläuferartigen Bildunge überhaupt folgende Ausdrücke: 1) Stolones, 2) Stolones sa mentosi, 3) Stolones flagellares, 4) Flagella, 5) Flagell

sarmentosa und 6) Sarmenta stolonosa, wobei zu bemerken ist, dass Stolones flagellares in manchen Fällen wenigtens etwas anderes bezeichnen sollen als Flagella, sowie auch Sarmenta stolonosa etwas anderes als Stolones. Die genannten Ausdrücke werden nicht definirt, und die Pflanzen, bei denen sie gebraucht sind, geben mir keinen Aufschluss über ihre Bedeutung.

Ausserdem unterscheidet Fries noch Formae stoloniflorae und Formae flagellares. Die erstern seien wurzelnde und blühende Stolonen des laufenden, die letztern blühende Stolonen des vergangenen Jahres. Offenbar sind hier alle diejenigen ausläuferartigen Bildungen gemeint, welche nicht in eine bewurzelte Rosette ausgehen. Unter diesen finde ich aber keinen andern Unterschied, als den, dass die einen bewurzelt sind, die andern nicht. Die unbewurzelten sind alle im gleichen Jahre gebildet, in dem sie blühen; solche, die schon im vorigen Jahre angelegt wurden, gibt es nicht. Dagegen kommen unter den bewurzelten sowohl diessjährige als vorjährige vor, und es wäre ein leicht zu widerlegender Irrthum, wenn man sie alle vom vorhergehenden Jahre ableiten wollte. Unter allen blühenden und nicht rosettirenden (aber im untern Theil bewurzelten) ausläuferartigen Gebilden, die ich im Garten und in der freien Natur beobachtet habe, war die grosse Mehrzahl im nämlichen Jahr entstanden.

Da mit den Ausdrücken Stolonen und Flagellen bei den Hieracien keine festen Begriffe verbunden werden, so hielt ich mich für berechtigt, sie so zu definiren, dass die erstern Rosetten bilden, die zweiten nicht. Denn diess ist die für die Systematik wichtigste Differenz, die es in diesen Organen giebt. Man könnte auch einfach rosettirende und nicht rosettirende Stolonen sagen; ich habe die erstere Terminologie wegen ihrer Kürze vorgezogen..

Bei der Vergleichung der Formen und bei der Be-

schreibung derselben ist es von der grössten Wichtigkeit, dass man die Flagellen von den Stolonen unterscheidet. Die letztern bilden an der Spitze eine bewurzelte Rosette wie der keimende Same, und aus der Mitte der Rosette erhebt sich der blühende Stengel, ebenfalls wie bei der Samenpflanze. Die Stolonen bringen also Jahr für Jahr Pflanzen hervor, welche denen, die unmittelbar aus dem Samen entstanden sind, vollkommen gleichen.

Wenn die Stolonen epigäisch sind, so liegen sie überall dem Boden an; oder ist diess nicht der Fall, so senkt sich die Spitze auf den Boden, um Wurzeln zu schlagen und eine Rosette zu bilden. Anders verhalten sich die Flagellen. Diese berühren entweder die Erde gar nicht und sind vollkommen wurzellos, oder wenn sie mit dem untern Theile in und an der Erde sich befinden und daselbst Wurzeln besitzen, so erhebt sich doch ihr Endtheil über den Boden und stellt, da die Rosette sich auflöst, einen unbewurzelten, aber beblätterten Stengel dar.

Es kommt nicht selten vor, dass aus einer Rosette neben dem blühenden Stengel ein oder mehrere Flagellen entspringen, und man ist leicht geneigt, in solchen Fällen die beiden Bildungen als gleichwerthige, aber ungleich ausgebildete zu betrachten. Diess wäre aber ganz unrichtig. Das Flagell ist nicht dem Stengel allein, sondern dem Stengel sammt der Rosette (wenn kein Stolo vorhanden ist), oder dem Stengel sammt der Rosette und dem sie tragenden Ausläufer analog. — Diese Verwechslung von vollständigen und unvollständigen Sprossen hat verschiedene unrichtige Deutungen und Darstellungen verursacht. Es ist zum Beispiel unrichtig, wenn man sagt, bei einer bestimmten Art sei der Stengel der gewöhnlichen Formen unbeblättert (indem man die Rosette nicht dazu rechnet), der Stengel der flagellaren Formen dagegen sei beblättert; — denn der Stengel der gewöhnlichen Formen ist dem über den

Blättern befindlichen Endtheil der flagellaren Formen analog. Ebenso ist es unrichtig, wenn man von den gleichen Arten sagt, die Stengel (oder Schäfte) der gewöhnlichen Formen seien einfach, die der flagellaren Formen seien furcat. In diesem Falle bilden die gewöhnlichen Formen aus der Rosette mehrere Schäfte (oder Blüthenstiele), welche bei den flagellaren Formen in die Höhe getragen und wegen der Streckung der Internodien von einander entfernt werden.

Fries, welcher auf den Unterschied der flagellaren von den gewöhnlichen Formen besonderen Nachdruck legte, scheint denselben etwas anders zu verstehen, als ich ihn oben darlegte. In den Symbolae sagt er nämlich, die aus Stolonen entstandenen Individuen weichen immer mehr oder weniger von der „primären Pflanze" ab. Man könne das Experiment mit Hieracium aurantiacum anstellen; aus Samen erzogen, werde dasselbe trugdoldentragend, aus Stolonen fortgepflanzt dagegen furcat.

Dagegen sind verschiedene Einwürfe zu erheben. Nach der eben erwähnten Behauptung von Fries würde es scheinen, als ob unter „primärer Pflanze" die Samenpflanze verstanden werde, und als ob dieselbe von den aus Stolonen entstandenen Individuen verschieden sei. So hat es z. B. auch Wimmer (Flora von Schlesien 1857; pag. 300) verstanden. Man dürfte somit nach diesen beiden Autoren die Piloselloiden-Arten bloss nach Samenpflanzen bestimmen, denn gemäss der Angabe von Fries können die Ausläuferpflanzen ein ganz anderes Aussehen und andere Merkmale bekommen. Dieser theoretische Grundsatz wird aber weder von Fries noch von Wimmer in der Praxis angewendet, wie aus folgendem hervorgeht. Die Samenpflanze unterscheidet sich von der Stolonenpflanze leicht durch den Mangel des kriechenden Rhizoms. Eine Pflanze, die ein solches Rhizom hat, ist immer aus einem Stolo hervorgegangen. Nun heisst es

aber in allen Diagnosen: Rhizoma repens, scapus primarius . . . . ; es wird also der Ausläuferpflanze im Widerspruch mit der Theorie ein scapus primarius[3]) zugeschrieben. Ueberhaupt werden die Piloselloiden immer nach Ausläuferpflanzen bestimmt; ein anderes Verfahren wäre practisch unmöglich, da die Samenpflanzen äusserst selten sind. Unter mehreren Tausenden von Exemplaren, die ich von Piloselloiden mit kriechendem Rhizom theils selbst gesammelt habe, theils sammeln liess, ist mit Sicherheit nicht eine einzige Samenpflanze nachzuweisen.

Ein zweiter Einwurf ist der, dass nach meinen Beobachtungen die aus einem rossettenbildenden Ausläufer erwachsene Pflanze von der Samenpflanze in keiner Weise verschieden ist. Diess gilt von den verschiedensten Arten der Piloselloiden, die im Garten ausgesäet, und von denen theils Sämlinge, theils solche Exemplare, die noch im gleichen Jahr sowie in den folgenden Jahren aus Stolonen hervorgiengen, eingelegt und verglichen wurden. Offenbar hat Fries nicht scharf genug die rosettirenden und die nicht rosettirenden Ausläufer aus einander gehalten; seine Angaben passen nur auf die letztern.

Ein dritter Einwurf endlich betrifft die Art und Weise, wie die nicht rosettirenden oder flagellaren Pflanzen von den gewöhnlichen abweichen. Fries sagt allgemein, „die stolonosen Individuen bekommen einen furcaten Blüthenstand". Nach meinen Erfahrungen gilt diess bloss von Hieracium Pilosella Lin. (im Sinne von Koch und Fries); übrigens ist auch hier die Veränderung in der Inflorescenz nur scheinbar und, wie ich schon oben gezeigt, eine nothwendige Folge der morphologischen Bedingungen.

---

3) Scapus primarius bedeutet in den Diagnosen immer denjenigen, der die unmittelbare Verlängerung der Rosettenachse ist.

Die Modificationen, welche eine Pflanze erfährt, wenn ie (nicht rosettirende) Flagellen bildet, sind überhaupt olgende. Der Endtheil des Stolo streckt sich in die Länge, nd die Blätter, die sonst in eine Rosette zusammen gerängt sind, rücken mehr oder weniger auseinander. Der tengel oder Schaft, welcher sonst aus der Rosette entspringt, tellt nun den Endtheil eines beblätterten Stengels dar; er rird kürzer und schmächtiger, weil die Ernährung mangelafter ist, aber die Verzweigungsform zeigt weiter keine 'eränderung.

Als Beispiele und Beweise will ich einige Arten aus den erschiedenen Gruppen der Piloselloiden anführen. Wenn lieracium Pilosella mehrköpfig wird, so ist die Infloreсenz der rosettirenden Pflanzen eine wurzelständige Dolde wie bei Primula acaulis). Auf den Flagellen verwandelt sich lie Dolde wegen der Streckung der Internodien in eine)oldentraube und wird bei noch stärkerer Streckung scheinar gabelig. — H. acutifolium (H. sphaerocephalum), H. uriculaeforme, H. stoloniflorum W. K. non Auct. (H. vericolor Fr.) und andere, die schon auf der Samenpflanze ind auf den rosettirenden Stolonenpflanzen einen furcaten Stengel bilden, zeigen denselben natürlich auch auf den 'lagellen. Aber die ganze Verzweigung ist, in Folge der 'erkürzung der Strahlen, mehr zusammengezogen. — H. lomeratum, H. pratense, H. praealtum, H. auraniacum haben an den Flagellen eine rispenförmige, loldentraubige oder doldenartige Infloresoenz wie an den osettirenden Pflanzen, nur ist dieselbe gedrängter. Dagegen rann bei ihnen der Stengel selbst in der Laubregion sich erzweigen; das Analogon hiezu sind die mehrstengeligen Rosettenpflanzen.

Ich kann mir die, mit der Natur im Widerspruche stehenden Behauptungen von Fries nur durch die Annahme, lie übrigens durch verschiedene seiner Bemerkungen bei den

einzelnen Arten nahe gelegt wird, erklären, dass derselbe furcate Zwischenformen, die im Garten und im getrockneten Zustande beobachtet wurden, willkührlich als flagellare Formen theils von H. Pilosella, theils von Species mit cymoser Inflorescenz erklärte. Die speziell von H. aurantiacum gemachte Angabe, die Samenpflanzen allein seien trugdoldentragend, die aus Stolonen erzogenen Individuen dagegen seien furcat, ist mir ganz räthselhaft. Denn die in unserm Garten aus Stolonen erwachsenen, auch die vermittelst Stolonen auf ein anderes Beet verpflanzten Stöcke tragen alle Trugdolden, ebenso alle wilden Pflanzen, die, wie das kriechende Rhizom beweist, nicht von Samen, sondern von Ausläufern herstammen. Aus H. aurantiacum habe ich überhaupt nie furcate Inflorescenzen, sie mochten rosettirenden oder nicht rosettirenden Ausläufern angehören, hervorgehen sehen [4]).

Die flagellaren Formen sind von den gewöhnlichen bloss durch die angegebenen Merkmale verschieden, soweit alle sichern Beobachtungen reichen. Ich muss daher die Richtigkeit der Aussage von Fries „equidem ipse, absque omni hybriditate arte (nämlich durch Fortpflanzung vermittelst Stolonen) produxi quam plurimas formas furcatas", im höchsten Grade bezweifeln; ihr widerstreiten alle meine Kulturversuche und alle meine Untersuchungen an wildwachsenden Pflanzen. Ich kann bloss zugeben, dass die flagellaren Formen von Hieracium Pilosella in der äussern Erscheinung einige Aehnlichkeit mit verschiedenen furcaten Zwischenarten haben; allein eine genaue Untersuchung zeigt sogleich ihre Identität mit den gewöhnlichen

---

4) Dagegen giebt es eine furcate Zwischenform, die in den Blüthen wenig von H. aurantiacum abweicht. Dieselbe tritt aber in allen Zuständen furcat auf.

[redacted]

Formen von H. Pilosella und ihre vollkommene Verschiedenheit von den gabeltheiligen Zwischenarten.

III. Rhizom.

Dasselbe ist a) aufrecht oder schief-aufrecht, und dabei immer verkürzt (Rhizoma descendens und Radix descendens von Fries),

b) horizontal oder schief-horizontal, und dabei α) verkürzt, β) verlängert; es wird gewöhnlich kriechend genannt.

Die Gestalt des Rhizoms wird durch die Innovation bedingt. Wenn die Stengel aus sitzenden Rosetten sich senkrecht erheben (II, a, α), so ist der Wurzelstock verkürzt und aufrecht. Wenn die Stengel aus sitzenden Rosetten aufsteigend sind (II, a, β), so ist der Wurzelstock ebenfalls verkürzt, aber mehr oder weniger liegend. Bewurzelte Ausläufer (II, b) geben ein verlängertes Rhizom, welches meist genau horizontal ist, zuweilen jedoch (bei schiefen unterirdischen Ausläufern) von der horizontalen Lage sich merklich entfernt.

Wenn man die Innovation genau kennt, so kennt man ohne Weiteres auch die Beschaffenheit des Rhizoms; und insofern ist dann die Beschreibung des letztern ein Pleonasmus. Häufig aber lässt sich die Innovation nicht vollständig beobachten, und es kann dann die Untersuchung des Rhizoms wichtige Anhaltspunkte für deren Feststellung ergeben. Da das Rhizom eine sympodiale Vereinigung der successiven Sprossfolgen ist, so erkennen wir daran in der Regel sogleich, ob eine Pflanze Stolonen bildet oder nicht und wie lange die Stolonen sind; ferner, wenn der Stengel aus einer sitzenden Rosette entspringt, ob derselbe aufrecht oder aufsteigend ist, denn seine Basis bleibt, indem der übrige Theil abstirbt, mit Beibehaltung der ursprünglichen Richtung in dem Rhizom zurück.

IV. Stengel.

Ausser dem schon bei der Innovation erwähnten Unterschied von aufsteigendem und aufrechtem Wachsthum und ausser dem andern Unterschied von hohler und fester Consistenz kommt vorzüglich die Beblätterung in Betracht. Der Stengel ist

a) unbeblättert oder schaftartig, indem die Laubblätter alle an seinem Grunde zusammengedrängt sind und eine Rosette bilden.

b) im untern Theile beblättert, indem die obern Blätter der bei a ausschliesslich vorhandenen Rosette am Stengel hinaufrücken. Die unteren Blätter bleiben entweder noch zu einer lockern Rosette vereinigt oder sie verlieren diesen Charakter auch gänzlich.

c) höher hinauf beblättert und am Grunde früher oder später unbeblättert, indem die untersten oder Wurzelblätter verschwinden. Dieser Zustand, den man auch als aphyllopod bezeichnet, geht durch den hypophyllopoden in den phyllopoden (a und b) über.

Der unbeblätterte oder schaftartige Theil des Stengels kann a) deckblattlos, b) mit mehr oder weniger Deckblättern besetzt sein.

Zur Terminologie bemerke ich noch, dass ich bloss zwischen Stengel und Blüthenstiel (pedunculus) oder besser Köpfchenstiel unterscheide. **Stengel** ist der aus der Rosette entspringende Spross mit Ausschluss des über der obersten Verzweigung befindlichen Theils, welcher als **Köpfchenstiel** bezeichnet wird[5]). Ich

---

5) Die Unterscheidung von Stengel und Köpfchenstiel ist immer leicht, wenn ein Spross verzweigt ist. Mangelt aber die Verzweigung, so wird die Grenze unter Umständen zweifelhaft, während sie in andern Fällen sicher festgestellt werden kann. So unterscheiden

[redacted]

halte diess für die einzige consequente Behandlung; gleichwohl finde ich sie bloss bei Grenier strenge durchgeführt. Die Inconsequenz wurde fast immer bei Hieracium Pilosella begangen, welches als eine stengellose Pflanze mit langen Köpfchenstielen aufzufassen ist.

Viele Autoren gebrauchen zwar für alle andern Arten die Ausdrücke Stengel (caulis) und Blüthenstiele (pedunculi), aber bei H. Pilosella werden die letztern von den einen (z. B. Monnier, Koch Edit. II.) als „Stengel", von den Andern (Grisebach) als „Schäfte (scapi)" bezeichnet. — Andere Autoren bedienen sich überall der Bezeichnung Schaft (scapus) und Blüthenstiel (pedunculus), wobei aber die Köpfchenstiele von H. Pilosella unrichtiger Weise ebenfalls Schäfte genannt werden (so Gaudin, Froelich).

Endlich giebt es noch Autoren, welche für die einen Arten (darunter auch H. Pilosella) „Schaft (scapus)", für die andern „Stengel (caulis)" brauchen. Dann ist der Schaft unbeblättert und der Stengel wenigstens am Grunde beblättert, wie bei Reichenbach (fl. germ. excurs); oder Schaft bezeichnet den schwächern und wenigblüthigen, Stengel den kräftigern und mehrblüthigen Spross, wie bei Koch (Edit. I.); oder endlich die beiden Begriffe werden für verschiedene Sectionen angewendet, wie bei Fries. Letzterer giebt folgende Definition: „Equidem caulem ubique appello, quando radix a caule discreta; repentibus Pilosellis tantum, s. radice in rhizoma manifestum abeunte et pedunculos subnudos exserente, scapum tribuo".

---

sich einköpfige Formen von H. Auricula, H acutifolium (H. sphaerocephalum), H. auriculaeforme und anderen Arten bestimmt dadurch von H. Pilosella, dass sie in den Achseln eines oder mehrerer Deckblätter am Stengel kleine verkümmerte, zuweilen nur mit der Lupe sichtbare Blüthenköpfe besitzen, welche bei H. Pilosella gänzlich mangeln.

Keine dieser Unterscheidungen in Stengel und Schaft ist anwendbar, ohne dass man in die grössten Willkührlichkeiten verfällt. So muss Koch neben Scapus noch von einem Caulis scapiformis sprechen. Ebenso muss Fries von manchen Arten, deren Rhizom und Stengel vollkommen gleich gebaut sind, den einen Radix und Caulis, den andern Rhizoma und Scapus zuerkennen, je nachdem er sie in die eine oder andere Section stellt, und die nämlichen Arten, welche in den Symbolae bei der Stirps H. cymosi stehen und mit Radix und Caulis begabt sind, haben in der Epicrisis Rhizoma und Scapus, weil sie in eine andere Stirps versetzt wurden.

V. Blätter.

Der Blattstiel ist nicht deutlich von der Blattspreite geschieden; beide zusammen bilden das „Blatt", welches rücksichtlich seiner Dimensionen linienförmig bis länglich und oval ist; ferner von der Mitte aus nach der Spitze verschmälert oder im obern Theile verbreitert (spatelförmig, verkehrt-eiförmig). Rücksichtlich der Scheitelregion sind die Blätter abgerundet, stumpf, spitz, zugespitzt, stachelspitzig (mukronirt). Sehr selten kommen Blätter vor, welche über der breiten Basis eine Verengerung oder seichte Einbuchtung zeigen.

Bei der Benutzung der Blattform für die Vergleichung der Species ist besonders zu berücksichtigen, dass dieselbe von dem untersten Blatt eines Sprosses bis zum obersten allmählich sich verändert. Man darf also nur Blätter mit einander vergleichen, welche der gleichen Region angehören. Im allgemeinen kann man untere, mittlere und obere Blätter unterscheiden, und wenn man schlechthin von Blättern spricht, darunter die mittlern verstehen. Diese sind zudem die grössten, da die Grösse der Blätter vom Grunde des Sprosses an zuerst zu- und nachher gegen die Hochblätter

ieder abnimmt. In besondern Fällen muss man die Blätter er Stolonen und der Rosetten, in andern die Wurzel- und itengelblätter auseinander halten.

Rücksichtlich der Färbung sind die Blätter bläulichgrün (glauk) und graugrün oder grasgrün und gelbgrün. Diese Merkmale sind sehr constant und variiren nur innerhalb ziemlich enger Grenzen. Sie wurden daher auch von verschiedenen Autoren zur Bestimmung von Untergruppen benutzt. Bei der Beurtheilung der Farbe muss aber genau darauf geachtet werden, ob dieselbe der Blattsubstanz selbst angehöre oder ob sie mehr oder weniger oder selbst ausschliesslich durch die Behaarung bedingt werde.

In einzelnen Fällen giebt auch die Dicke und die Consistenz der Blätter Merkmale für die Unterscheidung der Formen. So zeichnen sich H. pratense und die demselben sich nähernden Zwischenformen durch grössere Weichheit aus.

Das Gesagte bezieht sich lediglich auf die Laubblätter, die in der Diagnostik bekanntlich als „Blätter" bezeichnet werden. Nieder- und Hochblätter sind bis jetzt fast gar nicht als Merkmale verwendet worden; es ist möglich, dass Grösse, Gestalt und übrige Beschaffenheit derselben ebenfalls brauchbare Anhaltspunkte zur Unterscheidung der Arten liefern.

VI. Köpfchenstand (Inflorescenz).

Die Anordnung der Köpfchen oder die Inflorescenz zeigt uns zwei wesentlich verschiedene Typen oder vielmehr zwei Extreme, zwischen denen ein mittlerer Typus in allen Abstufungen sich bewegt.

a) Der Stengel ist unmittelbar am Grunde (in der Rosette) verzweigt; die Köpfchenstiele (pedunculi) sind lang und wurzelständig. Die Inflorescenz ist also

doldenförmig und stengellos. Hieher Hieracium Pilosella mit den nächsten Verwandten.

b) Der Stengel ist unter oder über der Mitte (wenn die Gesammtlänge des aus Stengel und Köpfchenstiel bestehenden Sprosses berücksichtigt wird) verzweigt, also gabeltheilig; die Köpfchenstiele sind lang. Diese furcate Verzweigung kann sich je an den Seitenstrahlen wiederholen. Haupt- und Seitenstrahlen können von gleicher oder auch ungleicher Stärke sein und die Köpfchen der ganzen Inflorescenz in gleicher oder ungleicher Höhe liegen.

c) Der Stengel ist am Ende verzweigt, die Köpfchenstiele sind verhältnissmässig kurz. Die Inflorescenz ist rispenförmig, doldentraubig oder doldenartig, und dabei entweder locker oder zusammengezogen (geknäuelt). Ihre Verzweigungen sind von grössern und kleinern Deckblättern, seltener von kleinen Laubblättern gestützt (Ersteres ist die Anthela discreta, Letzteres die Anthela contigua von Fries).

Der Köpfchenstand ist also a) stengellos oder wurzelständig, b) furcat und c) straussartig[6]). Der erstere ist immer armköpfig, der dritte oft reichköpfig, der zweite zeigt eine mittlere Zahl von Köpfchen. Ueberhaupt gehen die furcaten Formen einerseits in die stengellosen, andererseits in die straussartigen über. Einköpfige Pflanzen können jeder der drei Verzweigungsformen angehören.

Die Köpfchenstiele und die Aeste der Inflorescenz sind im ausgewachsenen Zustande gerade oder bogenförmig-auf-

---

6) Da der Ausdruck Strauss (thyrsus) keine bestimmte Verwendung hat, so gebrauche ich denselben, in Ermangelung einer andern Bezeichnung, für die oben genannten Verzweigungsformen.

›igend. Vor dem Aufblühen sind die Köpfchen meist auf-
cht, seltener nickend.

Rücksichtlich der Terminologie bemerke ich noch, dass nach meiner Ansicht am zweckmässigsten ist, den Begriff ›s Köpfchenstiels (pedunculus) streng in dem Sinne fest-ıhalten, wie ich ihn definirt habe. Er ist also immer ıverzweigt, da er den über der letzten Verzweigung eines prosses befindlichen Theil bedeutet. Bloss der Stengel ammt seinen Aesten verzweigt sich. In so fern ist es icht ganz richtig, wenn von „verzweigten Blüthenstielen pedunculi divisi)" gesprochen und wenn dann allenfalls die etzten Enden „Pedicelli" genannt werden. Man muss viel-nehr, um consequent zu sein, Köpfchenstiele und Aeste der nflorescenz unterscheiden [7]).

VII. Hülle (Involucrum).

Die Hülle giebt uns das Maass für die Grösse der Köpfchen, unter denen man im Allgemeinen drei Abstufungen unterscheidet, nämlich grosse, mittelgrosse und kleine. Die grössten Köpfchen hat Hieracium Peleterianum, wo die Länge des Involucrums 12—15 M. M. beträgt; die kleinsten haben H. Fussianum und H. florentinum mit einem 3—4½ M. M. langen Involucrum.

Die Grösse der Blüthenköpfchen halte ich für ein sehr beständiges, nur innerhalb ziemlich enger Grenzen variirendes Merkmal, wenn wir uns an die constanten Varietäten (also an die Formen mit geringster secularer Constanz)

7) Es giebt Autoren, von denen der Köpfchenstiel bei den einen Arten „Scapus", bei den andern „Pedunculus" und bei noch andern „Pedicellus" genannt wird. Ich halte die Nachtheile, welche aus einer solchen inconsequenten Behandlung für die Vergleichung der Arten sich ergiebt, für viel grösser als die Vortheile, die in einzelnen Fällen für die Kürze der Diagnose erzielt werden.

halten, während die Varietäten der nämlichen Species oder nahe verwandte Species sich mit Rücksicht auf einander ziemlich ungleich verhalten können. Dabei setze ich aber voraus, dass nur physiologisch und morphologisch analoge Erscheinungen verglichen werden. In dieser Beziehung habe ich bereits früher bemerkt, dass die flagellaren Formen meist merklich kleinere Köpfchen hervorbringen als die gewöhnlichen (rosettirenden) Exemplare.

Fries hat in dieser Beziehung eine andere Ansicht ausgesprochen (Symbolae XIII.). Nachdem er gesagt, dass die Grösse der Köpfchen innerhalb der gleichen Art sehr veränderlich sei, und dass es bei den meisten Arten macrocephale und microcephale Formen gebe, fährt er fort: „Communis hujus variationis lex est; quo magis in singula specie caulis elongatur et multiflorus evadit, eo minora capitula enititur et vice versa". Ich stimme Fries darin vollkommen bei, dass es grossköpfige und kleinköpfige Formen giebt und dass jene im allgemeinen oligocephal, diese pleiocephal sind; aber es sind diess immer mehr oder weniger constante Formen. Innerhalb der gleichen constanten Form steht die Zahl und die Grösse der Köpfchen durchaus in keiner Beziehung zu einander; die arm- und reichköpfigen Pflanzen haben gleichgrosse Köpfchen. H. praealtum von dem nämlichen Standort mit 3 und mit 100, H. Auricula mit 1 und mit 7, H. Hoppeanum mit 1 und mit 4, H. acutifolium Vill. mit 1 und mit 5, H. glaciale mit 1 und mit 6 Köpfchen nebst vielen andern Beispielen geben dafür unwiderlegliches Zeugniss. Diese Frage entscheidet sich, wie so manche, auf den Localitäten studirt, anders, als man nach der Durchsicht grosser Sammlungen vielleicht erwarten möchte; da man im letzteren Falle oft Formen vergleicht, die nicht verglichen werden dürfen.

Die Gestalt der Köpfchen wird ebenfalls bloss nach

ler Form des Involucrums beurtheilt. Vor dem Aufblühen st die Hülle kugelig bis länglich-cylindrisch, nach dem Verblühen kugelig oder kugelig-niedergedrückt bis cylindrisch. Die Zwischenstufen zeigen uns halbkugelige, bauchige, eiförmige, kegelförmige und längliche Köpfchen.

Der Bau der Hülle wird vorzüglich bedingt durch die Zahl der Schuppen und ihre relative Grösse. In ersterer Beziehung giebt es verhältnissmässig reich- und armschuppige Köpfchen; in letzterer Beziehung nimmt die Grösse der Schuppen von aussen nach innen verhältnissmässig rascher oder langsamer zu.

Fries giebt den Pilosellinen (oder der Stirps H. Pilosellae) „squamae introrsum decrescentes" und es ist dieses Merkmal in den Symbolae durch Cursivschrift vor allen übrigen ausgezeichnet. Nach seiner Erklärung sollen hier die Schuppen nach innen kleiner und schmäler, bei den andern Gruppen grösser und breiter werden. Dieser Unterschied ist aber in Wirklichkeit sehr undeutlich ausgeprägt. Bei den Pilosellinen zeigt sich nur selten und nur eine geringe Grössenabnahme bei den innersten Schuppen; diese sind vielmehr in der Regel weder kürzer noch schmäler als die äussern, wenn wir von einigen wenigen der allerinnersten absehen, welche bei allen Species decresciren.

VIII. Hüllschuppen.

Dieselben sind rücksichtlich ihrer Form linienförmig, lanzettlich, länglich, oval und eiförmig-dreieckig; rücksichtlich des Scheitels abgerundet, stumpf, spitz und zugespitzt. Da die Schuppen am Involucrum von aussen nach innen sich in Grösse und Gestalt verändern, so dürfen natürlich bei der Vergleichung verschiedener Species nur solche berücksichtigt werden, welche den gleichen Platz einnehmen. Am besten eignen sich dazu die äussern (mit Ausschluss der alleräussersten) und die innnern oder längsten (also

ebenfalls mit Ausschluss der allerinnersten, welche an Länge wieder abnehmen).

Auch die Farbe der Schuppen giebt zuweilen brauchbare Merkmale, namentlich ob sie einfarbig sind oder einen weisslichen Rand haben. Dabei muss aber, wie bei den Blättern, zwischen Färbung der Substanz und der Behaarung genau unterschieden werden.

IX. Behaarung (Indumentum).

Das Indument besteht aus drei verschiedenen Formen: 1) einfache Haare oder Haare schlechthin, 2) Drüsenhaare oder Drüsen, 3) Sternhaare oder Flocken. Von diesen drei Formen des Induments können alle mangeln, oder es ist nur eine vorhanden, oder es sind zwei und selbst alle drei vereinigt. Es ist daher jeder Pflanzentheil a) behaart oder unbehaart, b) drüsig oder drüsenlos, c) flockig oder flockenlos. Ich vermeide die Ausdrücke nackt (nudus), kahl (calvus) und glatt (glaber), da sie vieldeutig sind und von verschiedenen Autoren in verschiedenem Sinne gebraucht wurden.

Die Haare sind steif und borstenförmig oder weich, ferner lang oder kurz, meistens hell mit schwarzem Grunde. Die Drüsen sind lang- oder kurzgestielt, von schwärzlicher oder gelblicher Farbe. Zwischen Haaren und Drüsen giebt es alle möglichen Uebergänge, indem die Stiele der letztern sich verlängern und ihre Köpfchen allmählich kleiner werden, bis sie zuletzt ganz verschwinden. Diese Thatsache ist bei der Vergleichung der systematischen Formen sorgfältig zu berücksichtigen, da sie uns zeigt wie das eine Indument durch das andere ersetzt werden kann.

Die Flocken (Sternhaare) sind grösser oder kleiner; im erstern Falle bilden sie in Menge beisammen einen filzigen, im zweiten einen mehligen Ueberzug.

X. Receptaculum (gemeinsamer Blüthenboden).

Dasselbe scheint nur in der verschiedenen Ausbildung der Spreublätter, welche den Grund der Fruchtknoten umgeben und den Rand der Alveolen bilden, Unterscheidungsmerkmale zu liefern. Die Zähne der Alveolen sind nämlich a) klein, b) breit-dreieckig und c) zugespitzt oder pfriemförmig.

XI. Blumenkronen und Griffel.

Die Zeit, zu welcher die Blumenkronen sich öffnen, ist für die verschiedenen Formen ziemlich beständig. Doch versteht es sich von selbst, dass es sich nicht um absolute, sondern bloss um relative Termine handelt, und dass man nur solche Formen mit einander vergleichen darf, welche auf dem nämlichen Standort beisammen wachsen, oder welche unter ganz gleichen äussern Verhältnissen vorkommen. Denn die nämliche Art oder Varietät hat eine sehr verschiedene Blüthezeit, je nach der klimatischen Beschaffenheit ihres Standortes. Auch ist zu berücksichtigen, dass manche Arten nur einmal blühen, indess andere zwei oder mehrmals, d. h. auf zwei oder mehreren Sprossgenerationen ihre Blüthenköpfe entfalten können.

Die Blumenkronen sind gewöhnlich bandförmig (zungenförmig); sie können indess ausnahmsweise halb oder ganz röhrenförmig werden. Zu dieser Modification haben die verschiedenen Arten eine ungleiche Neigung. Es gibt solche, bei denen sie nie beobachtet wird; andere dagegen, wo sie in geringem Maasse selbst normal zu sein scheint.

Für das wichtigste Merkmal der Blumenkronen halte ich ihre Farbe. Die meisten Autoren stimmen auch darin überein, sie als beständig zu betrachten, obgleich einzelne (wie z. B. Grisebach) sie vernachlässigen. Allein es ist schwer, den Farbenton zu bezeichnen, und hierin finden wir wesentliche Differenzen in den Beschreibungen, welche zum

Theil von der verschiedenen Empfänglichkeit des Auges für feine Nüancirungen des Colorits abhängen.

Die Farbenverschiedenheiten sind, wenn wir vorerst von den rothen absehen und bloss die gelben Arten berücksichtigen, doppelter Art. Die Färbung ist einmal heller und dunkler (intensiver), und anderseits ist die Qualität des Tones ungleich, indem derselbe entweder mehr reingelb, oder mehr grünlich gelb erscheint. Daraus machen nun einige Autoren bloss zwei Kategorien: schwefelgelb (oder hellgelb) und gelb (oder goldgelb); viele andere dagegen drei, nämlich schwefelgelb, citrongelb und gelb (oder goldgelb). Andere machen aus dem Gelb noch zwei oder drei Abstufungen. Es ist überflüssig, näher darauf einzutreten, da schon in den Hauptmodificationen wenig Uebereinstimmung herrscht. Während nämlich von den Meisten H. Pilosella als schwefelgelb (sulfureum), H. Auricula als citrongelb (citrinum), H. cymosum als gelb oder goldgelb (luteum) aufgeführt wird, giebt es Andere, die in H. Auricula die gleiche Farbe sehen wie in H. Pilosella oder wie in H. cymosum. Ferner werden H. glaciale, H. praealtum und andere Arten in der Bezeichnung der Farbe bald mit H. Auricula, bald mit H. cymosum identificirt. Es gibt in dieser Beziehung Aussprüche, die mir geradezu unverständlich sind.[8])

---

8) So bedient sich namentlich Fries einer Terminologie, deren Motivirung ich nicht verstehe. In den Symbolae unterscheidet er vier Farben und theilt ihnen unter anderen folgende Arten zu:

1) Ligulae sulfureae. H. auriculaeforme, H. sabinum.
2) Lig. luteae. H. Pilosella, H. stoloniflorum, H. sphaerocephalum, H. glaciale, H. pratense, H. cymosum.
3) Lig. flavae. H. Auricula, H. brachiatum, H. florentinum, H. praealtum, H glomeratum.
4) Lig. aureae. H. floribundum.

In der Epicrisis dagegen sind die vier Farben durch folgende Arten vertreten:

[redacted]

Es gibt nach meiner Ansicht nur ein Mittel, um die Farbentöne der Piloselloiden für die Systematik zu verwenden. Es besteht darin, von bestimmten allgemein vorkommenden Arten wie H. Pilosella, H. Auricula, H. glaciale, H. praealtum, H. cymosum, H. pratense auszugehen, deren Farbennüancen durch Vergleichung festzustellen und darnach alle übrigen Arten zu beurtheilen. Die Hauptsache liegt nicht darin, für jeden Farbenton eine Bezeichnung zu haben; denn gerade die vielen Ausdrücke sind eine Quelle von fortwährender Verwirrung. Sondern es müssen die Farbentöne durch Vergleichung mit andern Arten bestimmt werden. So ist z. B. H. Auricula wenig dunkler als H. Pilosella, mit einem schwachen Stich ins Grünliche. H. glaciale ist dunkler und reiner gelb als H. Auricula. Es gibt Autoren, welche für H. glaciale und H. Auricula die gleiche Blüthenfarbe angeben. Sie ist aber so verschieden, dass selbst die Mittelform zwischen beiden Species, welche auch eine mittlere Blüthenfarbe besitzt, an dieser Farbe auf zehn Schritte unter den beiden Hauptarten erkannt wird.

---

1) Lig. sulfureae. H. Auricula.
2) Lig. luteae. H. sphaerocephalum, H. brachiatum, H. Laggeri, H. alpicola.
3) Lig. flavae. H. Pilosella, H. stoloniflornm, H. florentinum, H. praealtum, H. sabinum, H. bifurcum.
4) Lig. aureae. H. glaciale, H. hybridum.

Ich finde unter „Ligulae luteae" der ersten und „Lig. flavae" der zweiten Aufzählung die nach meinem Urtheil ungleichsten Farbentöne vereinigt, und fast das Nämliche lässt sich für die „Lig. flavae" der ersten und die „Lig. luteae" der zweiten Aufzählung sagen. Ich würde glauben, Fries habe alle diese Species bloss allgemein als gelbblühend bezeichnen wollen und dafür ohne Wahl die verschiedenen Bezeichnungen der gelben Reihe gebraucht, wenn er nicht in der Epicrisis bei den Pilosellinen „Ligularum color constans" sagte.

Die rothe Farbe tritt bei den Piloselloiden in zweierlei Weise auf. Bei einigen sind die Randblüthen unterseits rothgestreift oder röthlich angelaufen. Diese rothe Färbung ist zuweilen bloss auf die Enden der Ligulae beschränkt. Bei einigen andern sind die ganzen Blumenkronen roth oder rothgelb; im letztern Falle können sie unterseits dunkler sein. Die rothgelben Blüthen können überdem beim Aufblühen gelb sein und später immer dunkler werden, oder sie können beim Aufblühen dunkler erscheinen und nachher heller werden.

Ob die Farbe der Griffel, welche von einigen Autoren der Blüthenfarbe wegen grösserer Konstanz vorangestellt wird, etwas anderes ergiebt als diese und ob sie neben der letztern nicht ein blosser Pleonasmus ist, bedarf noch weitterer Untersuchung. Man unterscheidet zwei Griffelfarben, die gelbe und die braune; erstere kommt bei allen Modificationen der gelbblühenden, letztere, wie ich glaube, bei allen roth- oder rothgelb-blühenden Arten vor. Mir scheint die Farbe des Griffels ein sehr untergeordnetes Merkmal zu sein gegenüber derjenigen der Blumenkrone; da die letztere wohl ein Dutzend Modificationen unterscheiden lässt, während die erstere wegen der Schmalheit des Organs nicht mehr als zwei und mit einer Mittelstufe höchstens drei Modificationen deutlich zeigt.

XII. Frucht und Fruchtkrone (pappus).

An der Frucht geben Grösse, Gestalt und vielleicht die Farbe einige, wenn auch nur geringe Unterschiede zwischen den Arten. Wichtiger ist die Fruchtkrone, wo die Zahl der langen und der kurzen Strahlen und vielleicht deren absolute Länge und Dicke innerhalb gewisser, wenn auch enger Grenzen variirt, und daher für die Unterscheidung der systematischen Formen benützt werden kann. Da ich schon im ersten Theil dieses Aufsatzes von diesen Merkmalen gesprochen habe, so ist es nicht nöthig, hier näher darauf einzutreten.

---

34. Die Piloselliformia.

(Vorgetragen den 4. Mai 1867.)

Wenn man die ältern und neuern Bearbeitungen der Piloselloiden studirt, so erstaunt man über den Reichthum an Formen innerhalb eines morphologisch so enge gezogenen Kreises. Und doch sind noch lange nicht alle Formen, welchen theils wegen ihres Vorkommens theils wegen der Kulturresultate eine bemerkenswerthe Constanz zugeschrieben werden muss, aufgezählt und beschrieben worden. Ich werde den schon bekannten noch manche neue beizufügen haben.

Dieser Formenreichthum stellt denn auch an die Methode erhöhte Anforderungen. Ich lege namentlich auf drei Punkte Gewicht, auf die Unterscheidung in Haupt- und Zwischenformen, auf die Bestimmung des Constanzgrades der verschiedenen Formen und auf die richtige Abgrenzung derselben.

Wenn die zu einer Gruppe gehörenden Formen, wie es bei den Piloselloiden der Fall ist, fast nach allen Richtungen durch Uebergänge verbunden sind und ein labyrinthartiges Gewirre darstellen, so ist das einzige Mittel, sich zurecht zu finden, dass man die Hauptarten heraushebt und nach denselben die Uebergangsglieder bestimmt. Ich verweise hierüber auf die Mittheilung vom 16. Febr. 1866. Jede andere Eintheilung weicht, da sie sich nicht auf eine objektive Methode, sondern auf den subjektiven Takt gründet, mehr oder weniger von der Natur ab, und büsst demgemäss auch an Uebersichtlichkeit ein.

Rücksichtlich der Bestimmung des Constanzgrades handelt

es sich vor Allem aus darum, diejenigen Formen auszuscheiden, denen gar keine Beständigkeit zukommt, die von einer Generation zur andern oder selbst schon am gleichen Stocke sich verändern können. Es gehören hieher die Standortsvarietäten d. h. diejenigen Modificationen, die unmittelbar durch die äussern Einflüsse hervorgebracht werden (vgl. die Mittheilung vom 18. Nov. 1865) und die Produkte, welche die individuelle Veränderlichkeit durch innere Ursachen bewirkt. Wir können, entsprechend einem ziemlich verbreiteten Sprachgebrauche, diese Formen als variable bezeichnen, gegenüber den constanten, welche unter verschiedenen äussern Verhältnissen wenigstens durch mehrere oder viele Generationen beständig bleiben.

In den systematischen Aufzählungen sollte man meiner Ansicht nach schon äusserlich die constanten und die variabeln Formen kenntlich machen. Nur die erstern verdienen einen systematischen Namen zu erhalten. Die variabeln Formen dürfen zwar nicht vernachlässigt, aber sie sollten nur in der Weise verwerthet werden, dass sie den Formenkreis einer Constanten bestimmen.

Ich betrachte es daher als einen Missbrauch, wenn man jede auffallende Form, auch wenn ihr keine Constanz zukommt, als Varietät mit besonderem systematischem Namen aufzählt. Hieher rechne ich z. B. Hieracium Pilosella var. *stoloniflorum* Froel., H. sphaerocephalum var. *stoloniflorum* und var. *uniflorum* Froel., H. Auricula var. *uniflorum* oder *monocephalum* und var. *polycephalum*, ferner var. *stoloniflorum*, var. *astolonosum* etc. Will man sich aber der Kürze halber dieser Benennungen bedienen, so darf man sie doch nicht den constanten Varietäten coordiniren.

Unter den constanten Formen giebt es solche, deren Beständigkeit eine kürzere Dauer hat, und solche von längerer Dauer. Darnach scheiden sie sich in Varietäten, Subspecies und Species, und die Species wieder in solche mit

näherer und entfernterer Verwandtschaft. Ich habe in der Mittheilung vom 21. April 1866 diese Verhältnisse als Verwandtschaftsgrade dargestellt, und dieselben nach dem Vorhandensein und der Natur der Zwischenformen charakterisirt. Die Wichtigkeit des Gegenstandes wird mich veranlassen, die verschiedenen Grade der Constanz noch in einer besonderen Mittheilung zu besprechen und die systematischen Kategorieen (Varietäten, Subspecies und Species) auch nach der Zeitdauer ihrer Beständigkeit zu bestimmen. Ich trete daher hier nicht weiter auf die Unterscheidung dieser Begriffe ein.

Die Abgrenzung der constanten Formen hat natürlich keine Schwierigkeit, wenn die Zwischenformen zwischen ihnen mangeln. Sind sie aber durch eine continuirliche Uebergangsreihe verbunden, wie z. B. H. Pilosella und H. glaciale, H. Pilosella und H. Auricula, H. Auricula und H. glaciale, so fallen alle Anhaltspunkte in den Merkmalen weg. Um die willkührliche Umgrenzung der bisherigen Bearbeitungen zu beseitigen, kenne ich nur das eine Mittel, dass der Formenkreis einer Art oder Varietät auf solchen Standorten oder in solchen Gegenden bestimmt [redacted]

Ich würde sie am liebsten die Pilosellen nennen, wenn nicht viele Autoren (Froelich, Fries, Grisebach, Schultz-Schultz) unter diesem Namen die ganze Gruppe der Piloselloiden bezeichneten. Um Missverständnisse zu vermeiden, habe ich auch den Namen Pilosellinen nicht gebraucht, da derselbe bei Fries eine Gruppe mit viel weiterem Umfange bedeutet, nämlich die Pilosellіformen und alle Zwischenglieder zwischen diesen und den übrigen Hauptarten (mit straussartiger Inflorescenz).

Die Piloselliformen bilden Uebergangsreihen zu allen übrigen Arten (eine Ausnahme macht wohl nur H. alpicola Schl.). Es ist daher besonders wichtig, sie genau abzugrenzen, was zwar, gegenüber jeder einzelnen Art, nur dann wird geschehen können, wenn von derselben die Rede ist. Da jedoch die Piloselliformen sich in gewissen Merkmalen übereinstimmend von allen andern Arten unterscheiden, so halte ich es für zweckmässig, die Abgrenzung im Allgemeinen schon hier zu besprechen.

Ein erstes, und ich betrachte es zugleich als das wichtigste Unterscheidungsmerkmal für die Piloselliformen liegt in der Verzweigung, oder vielmehr im Blüthenstand. Der Stengel ist bei ihnen unmittelbar am Grunde verzweigt, oder mit andern Worten die Pflanzen sind stengellos; ferner sind die Köpfchenstiele lang und rosettenständig. Alle andern Hauptarten haben einen am Ende verzweigten Stengel und einen straussartigen (rispenförmigen, doldentraubigen oder doldigen) Köpfchenstand. Bei den Uebergangsformen dagegen ist der Stengel unter oder über der Mitte verzweigt und gabeltheilig, mit langen Köpfchenstielen.[1])

---

1) Diese Unterschiede zwischen den Piloselliformen und den übrigen Piloselloiden gelten selbstverständlich nur für die gewöhnlichen d. h. für die rosettirenden Formen. Die flagellaren Pflanzen

Ich beschränke also die Piloselliformen auf die unmittelbar am Grunde des Stengels verzweigten Pflanzen und schliesse diejenigen aus, deren Schaft über der Basis getheilt ist[2]). Die letztern gehören schon der Uebergangsreihe an. Ich befinde mich rücksichtlich dieses Punktes in Widerspruch, wenn auch nicht immer mit den Diagnosen, doch mit der Praxis aller Autoren, namentlich mit Fries, welcher in der Diagnose „scapus primarius subsimplex" sagt und welcher mehrere Varietäten mit einem „scapus

verhalten sich scheinbar anders, und für sie nehmen die Differenzen eine andere Gestalt an. Die Verzweigung der flagellaren Piloselliformen findet unmittelbar da statt, wo die Laubregion aufhört; die seitlichen Blüthenstiele sind von gewöhnlichen Laubblättern oder von einer Mittelform zwischen Laub- und Deckblättern gestützt. Bei den übrigen Piloselloiden finden die Verzweigungen des Köpfchenstandes über der Laubblattregion statt und werden von Deckblättern gestützt.

2) Es ist kaum nöthig zu sagen, dass ich bloss die Pflanzen mit wirklicher und nicht auch diejenigen mit bloss scheinbarer Gabeltheilung ausschliesse. Es kommt nämlich bei den verschiedenen Arten der Piloselliformen zuweilen vor, dass zwei Köpfchenstiele auf eine kleinere oder grössere Strecke mit einander verwachsen und somit einen furcaten Stengel darzustellen scheinen. Diese Verwachsung ist oft sehr deutlich als solche zu erkennen, indem die beiden vereinigten Köpfchenstiele jederseits durch eine schwache Rinne getrennt sind. In andern Fällen ist der durch Verwachsung entstandene Stiel bloss auffallend plattgedrückt ohne bemerkbare Längsfurchen. Wenn derselbe bei noch innigerer Verschmelzung nur schwach zusammengedrückt ist, so erkennt man die Verwachsung doch deutlich aus dem Mangel eines Deckblattes unterhalb der scheinbaren Verzweigung.

Auch bei wirklich furcatem Stengel kommt zuweilen eine Verwachsung der beiden Köpfchenstiele vor, so dass dann der Stengel an höherer Stelle verzweigt zu sein scheint, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Das stützende Deckblatt giebt mit Sicherheit den Ort der Gabeltheilung an.

basi s. infra medium saepe furcatus" aufführt. Obgleich dieser Punkt schon in einer frühern Mittheilung gelegentlich erwähnt wurde, so will ich ihn doch hier noch näher erörtern, weil sich vielleicht bei keinem andern Merkmale die Methode so deutlich darthun lässt.

Man wird gegen meine Abgrenzung anscheinend mit zwingender Logik folgende Einwendung machen: Mit dem normalen und ächten H. Pilosella komme zuweilen eine Pflanze vor, welche mit demselben in allen übrigen Merkmalen sowie im Habitus vollkommen übereinstimme, und bloss darin abweiche, dass der Stengel, statt unmittelbar an der Basis 1/4 oder 1/3 über derselben sich in zwei lange Köpfchenstiele theile. Es sei also ganz willkürlich und selbst unnatürlich, diese Pflanze nicht in die Species H. Pilosella aufzunehmen.

Vor Allem gebe ich zu, dass das Thatsächliche dieses Einwurfes vollkommen richtig ist. Aber ich füge hinzu, wie man das unveränderte H. Pilosella mit einem Stengel, der 1/4 oder 1/3 über dem Grunde verzweigt ist, findet, so kommt es auch noch mit einem 1/2 oder 2/3 oder 3/4 über der Basis gegabelten Stengel vor. An die letztere Form schliessen sich andere an, die nicht um mehr verschieden sind, und so reiht sich weiter in unmerklicher Abstufung Glied an Glied, bis man zu einer Form kommt, die Niemand mehr mit H. Pilosella spezifisch vereinigt. Diese allmählichen Uebergänge habe ich vorzüglich nach H. Auricula, nach H. glaciale und nach H. praealtum hin beobachtet.

Wo soll nun getrennt werden? Jeder Autor zieht da die Grenze, wo sich eine Lücke in seinen Beobachtungen findet. Wer aber die vollständigen und lückenlosen Uebergangsreihen gesehen hat, der muss sogleich einsehen, dass der oben erwähnte Einwurf überhaupt gegen jede Trennung gemacht werden kann. Wir mögen die Grenze z. B. zwischen

H. Pilosella und H. acutifolium (H. sphaerocephalum ziehen, wo wir nur wollen, so zerreissen wir immer eine continuirliche Reihe und trennen somit zwei Glieder, die einander so ähnlich sehen, dass man sie kaum unterscheiden kann.

Wie mit der Verzweigung verhält es sich auch mit den übrigen Merkmalen. Es giebt Pflanzen, welche von H. Pilosella noch bloss durch die Form der Blätter, oder durch die Behaarung derselben, oder durch die Gestalt der Involucralschuppen oder durch die Farbe der Blüthen abweichen, während alles übrige unverändert geblieben ist. Auch diese Formen müssen von der reinen Species abgetrennt werden, auch sie bilden Anfänge der Uebergangsreihe, von denen aus unmerkliche Abstufungen weiter führen.

Dass die genannten, wenn auch noch so geringen Abweichungen nicht zur Hauptart sondern zur Uebergangsreihe gerechnet werden müssen, ergiebt sich aus den Verhältnissen des Vorkommens. H. Pilosella mit furcatem Stengel findet sich häufig auf den Standorten, wo Zwischenformen wachsen. Man beobachtet es namentlich mit H. acutifolium und mit H. auriculiforme. Dagegen habe ich unter Millionen von Exemplaren auf stundenlangen Haiden und Wiesen bei München, wo H. Pilosella entweder allein oder nur mit H. Auricula vorkommt, kein einziges Exemplar mit gabeligem Stengel gesehen.

Indessen muss bei solchen Schlussfolgerungen immer Rücksicht auf alle möglichen Verhältnisse genommen werden. Es geschieht ausnahmsweise, dass man furcate Exemplare auf Standorten findet, wo keine Zwischenformen wachsen. Man wird dann aber dieselben sicher in der Nähe oder wenigstens nicht allzufern in der gleichen Gegend finden. Es ist ja möglich, dass der Same einer solchen gabeligen Form vertragen wird, oder dass die Mittelform aus irgend welchen Ursachen auf einer Localität ausstirbt, indess mit

[redacted]

H. Pilosella auch die demselben zunächst stehenden Glieder der Uebergangsreihe erhalten bleiben.

So fand ich im Oberwallis überall, wo H. Pilosella und H. glaciale in Menge beisammen waren, die Zwischenform, die ich aus später zu erörternden Gründen als hybrid betrachte, und ferner immer auch Pflanzen, die von H. Pilosella bloss durch den verzweigten Stengel sich unterschieden. Einzelne solcher Pflanzen beobachtete ich auch ¼ und ⅛ Stunde von jenen Standorten entfernt. Dagegen mangelten sie, wenn in noch grösserer Entfernung H. Pilosella in Menge ohne H. glaciale sowie ohne die Mittelform wuchs.

Ich kann noch ein interessantes Factum anführen, welches meine Ansicht von einer andern Seite her unterstützt. Es besteht darin, dass nur das eigentliche H. Pilosella zuweilen einen gabeligen Stengel bildet, dass diese Erscheinung dagegen bei H. Hoppeanum und H. Peleterianum ganz mangelt, obgleich die letztern beiden Formen sich rücksichtlich der Verzweigung sonst ganz verhalten wie die erstgenannte. Damit steht in Zusammenhang, dass nur von H. Pilosella aus Uebergangsreihen zu den übrigen Arten ausgehen; zwischen H. Hoppeanum und H. Peleterianum einerseits und allen übrigen Arten anderseits giebt es keine Mittelformen, mit Ausnahme eines oder zweier äusserst seltener Bastarde.

Aus den beiden angeführten Thatsachen folgt mit Nothwendigkeit, dass die Pflanzen, welche sich von den Pilosselliformen bloss durch den furcaten Stengel unterscheiden, nicht mehr den Hauptformen sondern den Uebergangsreihen angehören. Denn sie mangeln denjenigen Formen ganz, welche keine Uebergangsreihen bilden, und bei den andern kommen sie nur auf Standorten und in Gegenden vor, wo die Uebergangsreihen sich finden.

Ich habe bis jetzt die vorliegende Frage nach den von

mir selber beobachteten sichern Thatsachen beurtheilt. Schliesslich muss ich noch einer Behauptung von Fries erwähnen, welche derselbe zur Begründung seines Verfahrens anführt und welche, wenn sie richtig wäre, allerdings meine Schlussfolgerung ernstlich gefährden würde. Derselbe sagt in der Epicrisis (pag. 9): „Genuinum H. Pilosella .... scapo etiam centrali in formis elongatis gracilioribus non raro furcato!, idemque in horto solo pingui cultum semper fere furcatum evasit". Ich halte diese Angabe aus den sogleich anzugebenden Gründen für irrthümlich; vorher muss ich noch eine allgemeine Bemerkung über die Beobachtungen im Garten einschalten.

Schon einige Male hatte ich Gelegenheit, Kulturresultate von Fries anzuführen, die mit meinen Versuchen im Garten und mit meinen Beobachtungen in der Natur im Widerspruche stehen. Das Nämliche ist der Fall mit vielen Andern seiner Behauptungen betreffend die Veränderungen von Pilloselloiden und Archieracien in der Kultur. Diese Veränderungen in der angegebenen Weise halte ich für unmöglich, und ich glaube nicht, dass Fries sie wirklich beobachtet hat, sondern vielmehr, dass er gewisse in der Kultur beobachtete Formen theoretisch von gewissen andern Formen ableitet und theoretisch annimmt, es seien die veränderten Verhältnisse der Kultur, welche sie hervorgebracht.

Was ich von meinen Versuchen für sicher halte, das betrifft bloss solche Aussaaten, für die ich die Samen mit eigner Hand gesammelt und die Mutterpflanzen eingelegt und aufbewahrt habe. Pflanzen, die in unserm Garten aus Samen anderer, selbst der besten Gärten aufgehen, haben in meinen Augen für die Frage, wie weit die Abänderungen reichen, keinen Werth, da ich die Mutterpflanzen nicht kenne und da ich ferner nicht sicher bin, ob keine Verwechslung stattgefunden habe.

Ich komme wiederholt auf dieses Thema zurück, da

[redacted]

die exacte Lösung der Frage, was variabel und was constant ist und wie weit die Constanz geht, die Grundlage aller Systematik bildet. Die Gründe aber, warum ich in dem vorliegenden Falle die Angaben von Fries nicht für exact halten kann, sind folgende zwei. Erstlich habe ich selber bei der Aussaat im Garten ein anderes Resultat erhalten. Das stengellose Hieracium Pilosella bleibt stengellos. Dagegen kommen in den Gärten Formen vor, die sich von dieser Art bloss durch den furcaten Stengel unterscheiden. Es sind die nämlichen, die auch im wilden Zustande gefunden werden und von denen ich bereits weitläufig gesprochen habe. Die Vermuthung, dass sie aus dem genuinen H. Pilosella durch Kultur entstanden seien, ist nicht nur willkührlich, sondern auch falsch, wie das Vorkommen deutlich zeigt.

Dieses Vorkommen giebt mir den zweiten Grund für meine obige Behauptung. Wenn ein fetter Boden, wie Fries meint, H. Pilosella furcat machte, so müssten wir diese Veränderung auch im wilden Zustande wahrnehmen, wenn die Pflanze auf besonders fruchtbare Stellen kommt. Ich habe sie in einer Ueppigkeit, die sie im Garten nie erreicht, auf umgebrochenem Rasen, aufgeschütteter Dammerde (z. B. an neuen Strassenanlagen), auf Düngerstätten, auf Kuhmist der Alpenweiden getroffen. Aber nie war eine Spur von furcatem Stengel vorhanden. Noch im letzten Sommer beobachtete ich das stengellose H. Pilosella in der gedüngten Wiese beim Simplon-Hospiz in Menge, während auf den sterilen und ungedüngten Waiden in unmittelbarer Nähe stellenweise eine Pflanze vorkam, die sich von demselben bloss durch die Gabelung des Schaftes unterschied. Diese Thatsachen zeigen unwiderleglich, dass der fette Boden an der Entstehung der fraglichen Form keinen Theil hat. Nach der zuletzt genannten Beobachtung könnte

man im Gegentheil zu der Annahme verleitet werden, dass der magere Standort die Gabelung veranlasse.

Wenn ich sage, dass alle zu den reinen Arten der Piloselliformen gehörenden Pflanzen stengellos sind und dass Exemplare, die bloss durch den gabeltheiligen Stengel abweichen, zu den Uebergangsreihen zu verweisen sind, so meine ich damit keineswegs etwa, dass alle stengellosen Pflanzen auch zu den reinen Piloselliformen gehören. Es giebt nämlich Exemplare, die zwar rosettenständige Köpfchenstiele besitzen wie H. Pilosella, die aber im Uebrigen mehr oder weniger die Merkmale der Zwischenarten an sich haben und auch zu diesen gestellt werden müssen.

Ich bemerke hiezu noch, dass, wie ich schon in einer frühern Mittheilung hervorgehoben habe, die Merkmale nicht in gleichem Maasse bei allen Formen und Individuen sich verändern. Bald ist ein einzelnes Merkmal oder eine Gruppe von Merkmalen in der Veränderung von den andern voraus, bald hinter den andern zurück. So giebt es, um bei dem in Frage stehenden Merkmale zu bleiben, einerseits Pflanzen, die in allen Stücken sich wie H. Pilosella verhalten aber einen furcaten Stengel haben, anderseits solche, welche mit mehr oder weniger abweichenden furcaten Zwischenformen übereinstimmen, aber wie H. Pilosella stengellos sind.

Diess ist der Hauptgrund, warum die Abgrenzung formenreicher Arten, die durch Zwischenglieder verbunden sind, so ungemein schwer wird. Es ist nicht möglich, die Art als Totalität zu umgrenzen, und es genügt nicht, die Grenzen für ein einzelnes Merkmal festzustellen. Sondern es muss durch thatsächliche Beobachtung von jedem einzelnen Charakter ermittelt werden, wie weit er bei der reinen Art variiren kann und welcher Grad der Veränderung erfordert wird, damit man auf die Uebergangsreihe schliessen darf. Diess ist aber natürlich um so schwerer,

je weniger die Bestimmung eines Merkmals der Präzision fähig ist.

Ein zweites Merkmal der Piloselliformen besteht in der Innovation. Alle Autoren geben denselben (lange oder kurze) Stolonen und in den Diagnosen heisst es schlechthin „rhizoma stoloniferum". Demnach würde es scheinen, als ob Pflanzen mit sitzenden Rosetten von den Hauptarten auszuschliessen wären. Solche Pflanzen sind in den höheren Alpen nicht selten (vgl. Mittheilung vom 15. Dec. 1866 Fig. 15); dass sie aber nicht etwa den Uebergangsreihen, sondern den Hauptformen selbst beizuzählen sind, ergiebt sich aus folgenden Thatsachen: 1) kommen diese stolonenlosen Pflanzen auch auf Standorten vor, wo keine Zwischenformen wachsen; 2) werden sie nicht bloss von dem eigentlichen H. *Pilosella*, sondern auch von H. *Hoppeanum* und H. *Peleterianum* gebildet, denen, wie vorhin bemerkt wurde, die Uebergangsreihen mangeln; 3) sind Stolonen und sitzende Rosetten bei den *Piloselliformen* durchaus variable Merkmale, der nämliche Pflanzenstock kann in dem einem Jahr bloss sitzende Blätterbüschel, in einem andern Jahr Ausläufer treiben. Auf fruchtbarem Boden und in der Ebene verlängern sich die seitlichen, aus der Rosette entspringenden Sprossen zu Stolonen, auf magern und hochgelegenen Standorten bleiben sie zu sitzenden Rosetten verkürzt.

Die Diagnose muss also heissen: *Mit Stolonen; auf sterilem Boden oder in schlechten Jahrgängen auch mit sitzenden Rosetten, die aber bei grösserer Fruchtbarkeit zu Stolonen sich verlängern.* Von der An- oder Abwesenheit der Ausläufer hängt die Gestalt des Rhizoms ab. Dasselbe ist *meist verlängert und horizontal, seltener verkürzt und etwas schief.*

Die *Form der Blätter* zeigt für die ganze Gruppe der *Piloselliformen* wenig Uebereinstimmendes. Dagegen

ist sie sehr charakteristisch für die einzelnen Arten, und zuweilen das einzige Merkmal, wodurch Hieracium Pilosella von gewissen nächstverwandten Formen der Uebergangsreihen zu andern Hauptarten (z. B. zu H. glaciale) unterschieden werden kann.

Die Köpfchen übertreffen im Allgemeinen die der übrigen Hauptarten (mit Ausschluss von H. alpicola) an Grösse; doch giebt es ausnahmsweise auch sehr kleinköpfige Formen. Die Schuppen der Hülle sind meist zahlreicher, länger und breiter als bei irgend einer andern Hauptart. Auch von den Zwischenarten erreichen nur wenige (zu diesen gehören namentlich H. acutifolium Vill. non Griseb., H. stoloniflorum W. K. non Auct. und H. flagellare Rchb.) annähernd die erwähnten Schuppenverhältnisse der Pilosellaformen.

Mit Rücksicht auf das Indument ist hervorzuheben, dass die Stolonen und die untere Blattfläche von Flocken weiss- oder wenigstens graufilzig sind. Die Autoren führen zwar auch ein Hieracium Pilosella virescens auf, dessen Blätter unterseits grün und beinahe flockenlos sind. Diese Form habe ich nie allein oder bloss mit dem gewöhnlichen H. Pilosella beobachtet, auch nicht auf denjenigen Standorten (auf feuchten, fetten und schattigen Stellen), welche sie hervorbringen sollten. Einige wiewohl ziemlich entfernte Annäherungen traf ich auf Localitäten, wo flockenlose oder flockenarme Zwischenformen wuchsen. Fries sagt: „Forma H. Pilosellae vulgata solo pingui horti Upsal. Culta in hanc (sc. virescentem) abiit". Meine Versuche führten zu einem andern Ergebniss; auch Gaudin giebt von dieser Pfianze, die er H. Pilosella viride nennt, an, sie wachse „in pratis siccioribus". Ich halte es daher namentlich wegen meiner vorhin angeführten Beobachtungen auf den verschiedensten natürlichen Localitäten, für im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Varietas

virescens nicht mehr zu den reinen Arten der Piloselliformen, sondern zu den Uebergangsreihen zu rechnen ist.

Rücksichtlich der Blüthenfarbe sind zwei Punkte hervorzuheben. Der erste besteht darin, dass die Blumenkronen der Piloselliformen heller sind als diejenigen aller andern Hauptarten der Piloselloiden. Dagegen lassen sie sich in dieser Beziehung von den Zwischenarten oft nicht unterscheiden. Unter den Hauptarten nähert sich den Piloselliformen am meisten Hieracium Auricula; seine Blüthenfarbe ist aber immerhin etwas dunkler und mehr ins Grünliche spielend. Auf grossen Strecken, wo H. Pilosella und H. Auricula in Menge durcheinander wachsen und wo die Uebergangsformen mangeln, sah ich die Färbung durchaus constant. Dagegen fand ich auf Localitäten, wo Zwischenformen vorkamen, einzelne Pflanzen, die sich sonst nicht von H. Pilosella unterschieden aber die Blüthenfarbe von H. Auricula hatten, und ferner einzelne Pflanzen, welche sonst ganz dem H. Auricula gliechen, aber die helleren Blumenkronen von H. Pilosella zeigten. Es ist möglich, dass diese bloss in der Blüthenfarbe abweichenden Exemplare schon der Uebergangsreihe angehören. Doch sind meine Beobachtungen darüber nicht umfassend genug, dass ich diese Vermuthung als sicher begründet aussprechen könnte.

Der zweite Punkt betreffend die Blüthenfarbe ist in der rothen Streifung gegeben, welche man sehr häufig bei den Piloselliformen auf der untern Seite der Randblüthen beobachtet. Alle gelbblühenden Piloselloiden haben das Gemeinsame, dass die Randblüthen unterseits heller gefärbt sind. Die hellgelben Blüthen der Piloselliformen haben eine weissliche untere Fläche, welche ganz oder theilweise röthlich angelaufen oder intensiv rothgestreift sein kann.

Es ist nun zunächst festzustellen, dass diese rothe Streifung zwar bei allen Arten der Piloselliformen vor-

kommt, aber dass es bei jeder Art ungestreifte Individuen oder Varietäten giebt. Die nächste Frage, ob die ungestreiften Pflanzen vielleicht nicht mehr der reinen Form, sondern der Uebergangsreihe angehören möchten, entscheidet sich sogleich durch zwei Thatsachen. Erstlich kommt H. Pilosella mit ungestreiften Blüthen auf Standorten vor, wo die Zwischenformen mangeln. Zweitens sind die ungestreiften Blüthen besonders häufig bei H. Hoppeanum, von welchem aus überhaupt keine Uebergangsreihen zu ungestreiften Arten ausgehen. Der Mangel der rothen Streifung tritt also unzweifelhaft bei den reinen Arten auf, und es ist somit ungerechtfertigt, wenn man H. Pilosella, wie es so häufig der Fall ist, absolut „Ligulae subtus rubro vittatae" zuschreibt[3]).

Ferner ist noch festzustellen, dass die übrigen Hauptarten der Piloselloiden (mit Ausschluss der Piloselliformen) in den reinen Formen nie gestreift sind. Es giebt ausnahmsweise zwar Pflanzen, welche von den Hauptarten sich sonst nicht unterscheiden lassen, die aber rothe Streifen an den Randblüthen zeigen. Da ich sie nur zugleich mit Zwischenformen beobachtet habe, so schliesse ich, dass sie den Uebergangsreihen beizuzählen sind. So habe ich das sonst unveränderte H. Auricula in einem einzigen Exemplare mit schöner Streifung gefunden, und halte dafür, dass

---

3) Nach Fries sollen die ungestreiften Blüthen vorzugsweise an den Flagellen auftreten („praecipue vero in formis flagellaribus et stolonifloris" Symbolae bei H. Pilosella). Meinen zwar allerdings beschränkten Beobachtungen zu Folge würde kein Unterschied zwischen den rosettirenden und den nicht rosettirenden (flagellaren) Pflanzen bestehen. Die letztern sind so schön gestreift wie die erstern. Auch hat das den eigentlichen Piloselliformen nah verwandte H. castellanum, das nur in flagellaren Exemplaren bekannt ist, fast ausschliesslich rothgestreifte Ligulae.

dasselbe schon zu der Reihe von H. auriculaeforme gehört.

Mit Rücksicht auf die eben erfolgten Erörterungen erhalten wir für die Piloselliformia somit folgende Diagnose:

Stengellos, mit **flockigen** Stolonen, die unter ungünstigen Umständen zu sitzenden Rosetten verkürzt sein können (daher ein horizontales meist verlängertes Rhizom). Blätter der Rosette mit mehr oder weniger zahlreichen Borstenhaaren besetzt, **unterseits von Flocken weiss bis grau,** oberseits, wenn das flockige Indument mangelt, graulichgrün. Köpfchenstiele **rosettenständig, lang** (auf den Flagellen von Laubblättern gestützt), wenig zahlreich (1—4). Köpfchen oval, zuletzt bauchig, meist grösser als bei den übrigen Hauptarten, mit zahlreicheren, längeren und breiteren, flockigen Schuppen, von denen die äusseren meist breit und stumpf, die inneren spitz sind. Blumenkronen schwefelgelb (heller als bei den übrigen Hauptarten), die äussern meistens auf der untern Fläche rothgestreift.

Der Verbreitungsbezirk der Pilosellliformen ist zugleich auch derjenige der Piloselloiden überhaupt. Er hat folgende Grenzstationen: Spanien, Nordafrika, Sizilien, Griechenland, Syrien, Persien, Kaukasus, Finnland, Schweden und Norwegen, Grossbritannien. Die obere Grenze in den Alpen befindet sich bei ungefähr 8000′.

Systematische Gliederung der Piloselliformen.

Diese ganze Gruppe wurde von Linné noch als ein einzige Form aufgefasst, als eine Species ohne Varietäten die er Hieracium Pilosella nannte. Spätere unterschieden neben der gewöhnlichen Form noch andere, und schränkten dadurch den Formenkreis der Linné'schen Benennung mehr und mehr ein. Die wichtigsten dieser Formen sind folgende:[4])

1) Hieracium Pilosella *alpinum* Hoppe 1799. H. Pilosella *grandiflorum* de Candolle 1805 (non Koch, nec Fries). H. *Hoppeanum* Schultes 1814. H. *piloselladforme* Hoppe 1814.

2) H. Pilosella *incanum* de Candolle 1805. H. Pilosella *farinaceum* (Hornung) Koch 1837. H. *velutinum* Hegetschweiler 1840.

3) H. *Peleterianum* Merat 1812. H. Pilosella *pilosissimum* Wallroth 1822.

4) H. *Pseudopilosella* Tenore 1815. H. Pilosella *lanceolatum* Monnier 1829. H. *Tenoreanum* Froel. 1838.

5) H. Pilosella *macranthum* Tenore 1831. H. Pilosella *grandiflorum* Koch 1837, 1844; Fries 1848 (non de Candolle).

---

4) Ich lasse die vorlinnéischen Autoren aus dem Spiele, indem die Rückwärtsverfolgung der Hieracien-Formen hinter Linné nur in historischer Beziehung und selbst in dieser Beziehung einen geringen und zweifelhaften Werth hat. Sogar die Synonymen Linné's und seiner Nachfolger bis auf den schärfer beobachtenden Villars gewähren wegen der grossen Unsicherheit nur wenig historisches und wegen der mangelhaften Formkenntniss fast kein systematisches Interesse.

6) H. *castellanum* Boissier 1842. Diese Pflanze dürfte indess wahrscheinlich von den Piloselliformen zu trennen sein.

7) H. Pilosella *argyrocoma* Fries 1862.

8) H. Pilosella *niveum* (Müller) Christener 1863.

Neben diesen acht Formen erscheint noch die gewöhnliche unter verschiedenen Namen, vorzüglich als

9) H. Pilosella *vulgare* Monnier. H. *Pilosella* Auct. Pilosella *officinarum* Schultz-Schultz.

Es giebt Autoren, welche alle diese Formen in eine einzige Species vereinigen, so Fries in den Symbolae, oder welche wenigstens so viele derselben, als auf ihrem Gebiete vorkommen, zusammenfassen, so Koch und Grenier. Andere trennen davon eine oder mehrere Arten ab. Fries in der Epicrisis betrachtet H. castellanum als besondere Species, während er alle andern Formen beisammen lässt. Von diesen übrigen Formen scheiden manche bloss H. Hoppeanum als spezifisch verschieden aus, so Gaudin und Grisebach, andere bloss H. Peleterianum wie de Candolle und Tausch. Noch andere betrachten sowohl H. Hoppeanum als H. Peleterianum als Species, wozu noch das südeuropäische H. Pseudopilosella kommt, so Froelich und Reichenbach; und endlich wird von Hegetschweiler auch noch H. velutinum als besondere Art beigefügt.

Wir haben, wenn eine Gruppe von Formen systematisch gegliedert werden soll, zwei Fragen zu entscheiden. In erster Linie handelt es sich darum, wie die einzelnen Formen rücksichtlich der Neben- und Ueberordnung sich gegenseitig verhalten, mit andern Worten in welcher relativen systematischen Verwandtschaft sie zu einander stehen. In zweiter Linie ist zu bestimmen, ob und welche dieser Formen als Arten oder als Varietäten zu betrachten sind. Ich halte die erstere Frage für weitaus die wichtigere,

während gewöhnlich die zweite mehr in den Vordergrun gerückt wird. Jene ist von materieller, diese mehr nu von formeller Bedeutung.

Für die Beurtheilung der Affinität zweier Forme müssen wir uns vorzugsweise an den Grundsatz halten, da dieselben einander um so näher stehen, je mehr di Uebergangsformen zwischen ihnen abgestuft un je zahlreicher und constanter diese Uebergangs formen sind, dass dagegen die Verwandtschaft um so geringer wird, je lückenhafter die Uebergangs reihe ist und je mehr die vorhandenen Glieder der selben den Charakter der Hybridität an sich tragen. Ich verweise hierüber auf die Mittheilung vom 21. April 1866. Als zweites jedoch mehr untergeordnetes Kriteriu ist die geographische Verbreitung zu betrachten. Unte übrigens gleichen Umständen müssen wir zwei Formen ein um so geringere Verwandtschaft zuschreiben, je meh ihre Verbreitungsbezirke unabhängig von einande gestaltet sind[5]).

Nach diesen Grundsätzen, deren Anwendung natürli bloss durch eine genaue und vielseitige Autopsie möglic wird, ergeben sich folgende Resultate für die mitteleuro päischen Piloselliformen. Die südeuropäischen H. Pseudo pilosella, H. castellanum und H. Pilosella argyro coma muss ich aus dem Spiele lassen, da ich von dere Vorkommensverhältnissen aus eigener Erfahrung nichts weis

1) Von allen andern Formen entfernt sich am weiteste H. Peleterianum.

---

5) Die Berücksichtigung der verschiedenen Constanzgrade e laubt es, die Verwandtschaften noch genauer und sicherer zu b stimmen. Ich kann hier nicht darauf eintreten, da eine Erörterun der Principien vorausgehen müsste, bemerke aber, dass in dem vo liegenden Falle an dem Resultate nichts geändert würde.

2) Etwas weniger weit stehen von dem Rest die beiden unter einander sehr nahe verwandten Formen H. Hoppeanum und H. macranthum ab.

3) Unter den drei noch übrigbleibenden Formen hat H. Pilosella niveum die entferntere, H. Pilosella incanum die nähere Verwandtschaft zu H. Pilosella vulgare.

Wir können die verwandtschaftlichen Verhältnisse der genannten 6 Formen durch folgendes Schema darstellen:

- H. Peleterianum
- - - H. Hoppeanum
    - H. macranthum
  - - H. Pilosella niveum
    - - H. Pilosella vulgare
      - H. Pilosella incanum

Es gewährt ein nicht geringes Interesse, die Geschichte der Systematik der Piloselliformen seit Anfang dieses Jahrhunderts zu verfolgen. Wir ersehen daraus klar, dass, wie sehr auch durch fortgesetztes Studium die morphologische Kenntniss und die diagnostische Unterscheidung fortschreiten, die Einsicht in die Affinitätsverhältnisse und die systematische Anordnung dennoch stationär bleiben. In letzterer Beziehung zeigt uns die Geschichte nichts als ein planloses Hin- und Herschwanken, nirgends eine Errungenschaft, die gesichert wäre. Diess ist übrigens, wie ich schon in frühern Mittheilungen hervorgehoben habe, die nothwendige Folge davon, dass die Systematik bisher einer rationellen Methode ermangelte und daher auf den subjectiven Takt angewiesen war. Ich kann jedoch nicht in eine einlässliche historische Darstellung eintreten, so lehrreich sie auch wäre, denn das hiesse eine ganze Abhandlung schreiben. Ich will bloss beispielsweise den Beweis für meinen Ausspruch an dem Schicksal von H. Peleterianum beibringen.

Diese Form ist, wie ich bereits erwähnt habe, diejenige,

welche sich verwandtschaftlich am meisten von den übrigen entfernt. Schon de Candolle that im Jahre 1805 den richtigen Wurf; er führte sie als besondere Species auf, während er die übrigen Piloselliformen spezifisch vereinigt liess. Diesem Beispiel folgte der um die Hieracienkunde verdiente Tausch im Jahr 1827. Keiner der spätern trat in gleicher Weise in die Fussstapfen dieser beiden Vorgänger. Manche zählen die verschiedenen Formen als coordinirte Varietäten oder Species auf, so Monnier (1829), Koch (1837 und 1844), Hegetschweiler (1840), Fries (1848), wobei es allerdings möglich wäre, dass den formell coordinirten Begriffen materiell ein ungleicher Werth beigemessen würde. Bei andern Autoren lässt die Anordnung aber keinen Zweifel über ihre Ansichten. Gaudin (1829) betrachtete H. Peleterianum als Varietät von H. Pilosella und trennte das näher verwandte H. Hoppeanum (H. piloselIaeforme) als Art ab. Grisebach (1853) steigerte diese widernatürliche Anordnung dadurch, dass er, während H. Hoppeanum als Species erscheint, das mit demselben so nahe verwandte macranthum neben Peleterianum als Varietät bei H. Pilosella liess. Eben so wenig mit der Natur stimmt das Verfahren von Fries (1862), welcher H. Peleterianum als Varietät zu H. Pilosella stellte, dagegen das sehr viel näher verwandte H. Pilosella incanum zum Range einer Subspecies erhob.

Wir sehen also, dass der Takt unabhängig von den Fortschritten der Wissenschaft ist. De Candolle hat mit seinen geringen Hülfsmitteln schon im Anfange dieses Jahrhunderts das Richtige errathen, während die ersten der jetztlebenden Hieracienkenner, welche an Formenkenntniss und morphologischer Einsicht unvergleichlich höher stehen, weit ab von dem rechten Wege geriethen.

Nachdem die Affinitätsverhältnisse der Formen festgestellt sind, ist in zweiter Linie die Frage zu entscheiden,

[redacted]

welche derselben als Species, welche als Varietäten betrachtet werden sollen. Ich halte mich in dieser Beziehung an die in der Mittheilung vom 21. April 1866 entwickelten Grundsätze. Formen, die schlecht umgrenzt und durch manigfaltige constante Zwischenformen verbunden sind, müssen als Varietäten betrachtet werden (grenzlose Verwandtschaft). Gut umgrenzte Formen mit constanten aber relativ seltenern Zwischenformen sind als nahverwandte Species zu betrachten (Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft). Gut umgrenzte Formen mit hybriden Zwischengliedern oder ohne alle Zwischenglieder stellen entfernter verwandte Species dar (Bastardirungs- und agamische Verwandtschaft).

Nach diesen Grundsätzen sind die aufgezählten mitteleuropäischen Piloselliformen in drei Species zu trennen, nämlich

1. H. Peleterianum
2. H. Hoppeanum und H. macranthum
3. H. Pilosella vulgare, H. Pilosella incanum und H. Pilosella niveum.

Ich habe in der Mittheilung vom 21. April 1866, mich verlassend auf unvollständige Beobachtungen, die Ansicht ausgesprochen, dass alle eben genannten Formen bloss als Varietäten Einer Species zu betrachten seien. Die Thatsachen, auf die ich mich stützte, waren folgende. Nach Untersuchungen auf den Localitäten konnten H. Pilosella niveum und H. Pilosella vulgare, ebenso H. Pilosella incanum und H. Pilosella vulgare bloss varietätlich verschieden sein. Ebenso wenig liessen sich nach den Vorkommensverhältnissen H. Hoppeanum und H. macranthum spezifisch trennen. In meinen Beobachtungen fanden sich zwei Lücken; ich kannte aus eigener Anschauung das Verhältniss zwischen H. macranthum und H. Pilosella vulgare, ferner zwischen H. Peleterianum und den andern Formen nicht. Ich wusste nur, dass Uebergänge

zwischen den beiden erstern vorhanden sind, und war daher, besonders auch mit Rücksicht auf die Zeugnisse der Autoren, namentlich von Grisebach und von Fries, zu meiner Annahme gezwungen. Ersterer hielt die Verwandtschaft zwischen H. Pilosella vulgare, H. macranthum und H. Peleterianum für geringer als diejenige zwischen einer dieser Formen und H. Hoppeanum. Letzterer betrachtete H. Pilosella vulgare näher mit H. Peleterianum und H. Hoppeanum verwandt als mit H. Pilosella incanum, und führte überdiess an, dass er Exemplare aus dem Balkan besitze, welche mit H. Hoppeanum in den übrigen Merkmalen, dagegen mit H. Pilosella vulgare in den Schuppen des Involucrums übereinstimmen. Ich benutzte den Sommer 1866, um die zwei angegebenen Lücken in meinen Beobachtungen auszufüllen; sie haben ein ganz anderes Resultat ergeben als das von mir erwartete.

Ich beginne mit H. Peleterianum. Diese Form hatte ich früher ein einziges Mal im wilden Zustande gesehen, nämlich schon im Jahre 1839 als Student auf einer Ferienreise im Thale Entremont des untern Wallis. Damals achtete ich zwar auch schon auf die Vorkommensverhältnisse, allein ich war noch unerfahren und ohne bewusste

waren und die ich wegen ihrer Seltenheit als Bastarde in Anspruch nehmen musste.

Die Seltenheit der Zwischenglieder zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum ist für die Beurtheilung des Verwandtschaftsgrades dieser beiden Formen von entscheidender Bedeutung. Wir müssen sie als zwei Arten mit Bastardirungsverwandtschaft ansehen.

Es darf zwar, da es sich hier um die Messung der Affinität handelt, nicht mit Stillschweigen übergangen werden, dass nicht alle Pflanzen der Beobachtung gleich zugänglich sind. Die Zwischenformen werden nämlich um so leichter übersehen, je geringer die Unterscheidungsmerkmale der Hauptarten sind. Der Bastard von H. Pilosella und H. Auricula fällt von weitem in die Augen, derjenige zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum nicht. Dennoch muss ich den letztern für sehr selten halten, da ich ihn trotz langen Suchens nicht häufiger fand.

Es ist ferner noch zu bemerken, dass, wenn die Hauptformen durch gewisse sehr ausgeprägte Charaktere geschieden sind, die Uebergangsformen sich als solche noch kund geben, auch wenn sie der reinen Hauptform schon sehr genähert sind. Diess ist hingegen nicht der Fall, wenn die Unterscheidungsmerkmale quantitativ gering und daher unscheinbar sind[6]). Die Uebergangsreihe zwischen H. Pilosella und H. glaciale z. B. lässt sich noch in Pflanzen

6) Es versteht sich von selbst, dass mit quantitativ geringen Unterscheidungsmerkmalen zwischen zwei Formen nicht auch eine nahe Verwandtschaft verbunden sein muss. Denn es giebt ja genug Beispiele, wo zwei Varietäten einer Art morphologisch sehr verschieden und zwei Arten verschiedener Gattungen morphologisch sehr ähnlich sind, so dass man, wenn das eine und das andere Paar Bastarde bildeten, die Bastarde der beiden Varietäten leicht, diejenigen der beiden Gattungen schwer erkennen würde.

erkennen, welche von H. Pilosella sich einzig durch d
Gabelung des Stengels oder die schmälern und spitz
Blätter unterscheiden, wie ich oben gezeigt habe. Alle
ich wüsste nicht, woran ich die Endglieder der Uebergang
reihe zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum e
kennen sollte.

Es ist nun interessant, mit sorgfältiger Berücksichtigun
dieser Verhältnisse, die Affinität zwischen H. Pilosella
und H. Peleterianum mit der Affinität anderer Arten zu
vergleichen, insofern dieselbe aus den vorhandenen Zwischen-
formen erkannt wird. Am leichtesten ist die Vergleichung
mit der Verwandtschaft zwischen H. Auricula und H.
glaciale, weil hier die Uebergangsreihe ebenfalls unkennt-
lich wird, so wie sie sich der einen oder andern Art
nähert. H. Auricula und H. glaciale stehen nun in
Uebergangsverwandtschaft zu einander; sie sind durch
reichlich vorhandene und constante Zwischenformen ver-
bunden. Auf dem nämlichen Berg, wo ich bloss einen
kleinen Rasen der Mittelform zwischen H. Pilosella und
H. Peleterianum auffand, sah ich hunderte von Pflanzen,
die den Zwischenformen zwischen H. Auricula und H.
glaciale angehörten und eine ununterbrochene Ueber-
gangsreihe zwischen beiden darstellten. Ich halte mich daher
zu dem Schlusse berechtigt, dass H. Auricula und H.
glaciale einander viel näher stehen als H. Pilosella und
H. Peleterianum.

Ganz das Nämliche gilt für die Vergleichung unserer
beiden Arten mit der Verwandtschaft zwischen H. Auri-
cula und H. acutifolium (H. sphaerocephalum). Die
Zwischenformen zwischen den letztern beiden treten in den
bayerischen Alpen ganz ebenso häufig auf, wie die Zwischen-
formen zwischen H. Auricula und H. glaciale im Wallis.

Schwieriger ist die Vergleichung mit Artenpaaren, deren
Uebergänge viel mehr in die Augen fallen, wie z. B. H. Pi-

losella und H. glaciale. Diejenigen Zwischenformen zwischen diesen beiden Arten, die ich auf dem Simplon und andern Alpen des Wallis fand, halte ich aus später zu erörternden Gründen für hybrid. Aber, wenn ich die noch leicht kenntlichen Endglieder der Uebergangsreihe vernachlässige und bloss die ziemlich in der Mitte stehenden Exemplare in Rechnung bringe, so sind diese doch viel zahlreicher als diejenigen zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum. Es folgt aus dieser Thatsache, dass beide Artenpaare zwar der gleichen Verwandtschaftsklasse, nämlich der Bastardirungsverwandtschaft[7]) angehören, dass aber H. Pilosella und H. glaciale doch einander etwas näher zu stehen scheinen als H. Pilosella und H. Peleterianum.

Es hat keinen Werth, diese Vergleichung fortzusetzen. Die angeführten Beispiele beweisen, und ein Dutzend anderer Beispiele könnte es bestätigen, dass H. Pilosella und H. Peleterianum, obgleich äusserlich einander ähnlich und daher von den meisten und besten Autoren für Varietäten gehalten, doch innerlich sich ferner stehen als eine Menge von Formen, die äusserlich sich wenig gleichen, daher immer für Species gehalten und oft selbst in verschiedene Sectionen gestellt wurden.

H. Hoppeanum zeigt gegenüber von H. Pilosella (vulgare und incanum) ein ähnliches Verhalten wie H. Peleterianum. Ich untersuchte dasselbe wiederholt in den Bündner Alpen. Häufig treten beide Pflanzen synöcisch auf, indem sie auf dem gleichen Standort durch einander wachsen. Zuweilen sind sie prosöcisch, indem H.

---

7) In den östlichen Alpen (der Gotthardt bildet die Grenze) tritt die Zwischenform zwischen H. Pilosella und H. glaciale als constante Form auf, nämlich als H. acutifolium (H. sphaerocephalum).

Hoppeanum die fettern, H. Pilosella die mageren Stand-orte bewohnt. In beiden Fällen kommen wirkliche un unzweifelhafte Zwischenformen sehr selten vor, und sin immer nur spärlich vorhanden. H. macranthum, welche (gemeinschaftlich mit dem spärlichen H. Hoppeanum) au der Münchner Hochebene in grosser Menge wächst, hatt ich erst im Sommer 1866 Gelegenheit, in seinem Verhalten zu H. Pilosella vulgare genauer zu untersuchen. Beide Pflanzen wachsen hier meistens durch einander; doch ist innerhalb des Verbreitungsbezirkes von H. macranthum auf fetteren Stellen dieses, auf mageren dagegen H. Pilo-sella vulgare bisweilen allein oder fast allein vertreten. Von der unzweifelhaften Zwischenform konnte ich unter vielen Tausend Exemplaren der beiden Hauptformen nur einige wenige entdecken.

Diese Thatsachen veranlassen mich zu der Folgerung dass die beiden Formen Hoppeanum und macranthu zu dem gewöhnlichen H. Pilosella eine fast ebenso ge ringe oder doch nur eine wenig grössere Verwandtscha besitzen als H. Peleterianum. Die Zwischenformen be trachte ich wegen ihrer äussersten Seltenheit als hybrid[*]).

Ueber das verwandtschaftliche Verhältniss von H. Ho

[redacted]

[redacted]

Verbreitungsbezirken der genannten Hauptformen lebend gesehen. Ich glaube daraus mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen zu können, dass die beiden Hauptformen einander jedenfalls nicht viel näher stehen können, als jede derselben mit H. Pilosella vulgare, incanum und niveum verwandt ist. Wenn ich aber den Bau des Involucrums mit berücksichtige, so muss ich dafür halten, dass H. Peleterianum weiter von H. Hoppeanum entfernt sei, als dieses von H. Pilosella vulgare.

H. Hoppeanum und H. macranthum stehen zu einander in grenzloser Verwandtschaft. Auf der Münchner Hochebene wachsen sie in der Art durcheinander, dass das ächte H. Hoppeanum nur in äusserst wenig Exemplaren vertreten ist, die Mittelform viel häufiger vorkommt und das ächte macranthum die Hauptmasse bildet. In den Alpen kommen neben dem ächten Hoppeanum auch Exemplare vor, welche der Zwischenform angehören, während ich dort das ächte macranthum nicht gesehen habe. Die Exemplare, welche von östlichen Localitäten (Oesterreich etc.) theils aus der Ebene, theils aus den Gebirgen in den Herbarien sich befinden, stellen theils macranthum, theils die Zwischenform dar. Eine bestimmte Umgrenzung der beiden Formen existirt nicht, weder in den Merkmalen, noch in der geographischen Verbreitung. Sie müssen daher als Varietäten zur gleichen Species gestellt werden.

H. Pilosella vulgare und H. Pilosella incanum (H. velutinum Hegetschw.) sind ebenfalls durch grenzlose Affinität verbunden. Man findet beide mit allen Uebergängen auf höhern Alpen beisammen; zuweilen ist nur H. Pilosella vulgare und die Mittelform, zuweilen nur H. Pilosella incanum und die Mittelform vorhanden. Eine bestimmte Umgrenzung der beiden Formen ist hier noch weniger möglich als bei H. Hoppeanum und H. macranthum. Sie sehen einander in allen Beziehungen gleich, nur

ist das Indument der Blätter verschieden. Es ist übrigens zu bemerken, dass auch das H. Pilosella der Ebene eine Var. incana hat, und dass ebenso H. Hoppeanum zuweilen mit oberseits grauen oder weissen Blättern gefunden wird. Nach meiner Ansicht gehören diese incanen Modificationen zu den leichtesten Graden unter den constanten Varietäten.

Das Nämliche gilt auch für das Verhältniss von H. Pilosella niveum zu H. Pilosella vulgare und incanum, obgleich diese Form etwas grössere Selbständigkeit zeigt als H. Pilosella incanum. Doch steht auch sie mit den beiden andern Formen in grenzloser Verwandtschaft, wie durch das Vorkommen derselben deutlich bewiesen wird. In der Thalsohle des Wallis sah ich stellenweise nur H. Pilosella niveum. Am Simplon traten in einer Höhe von 4000′ (ü. M.) mit demselben auch Uebergangsformen zu H. Pilosella vulgare auf, und noch höher (5000—6000′) kamen mit H. Pilosella incanum und vulgare auch noch die Uebergangsformen zu H. Pilosella niveum vor. — Uebrigens giebt es ebenfalls von H. macranthum eine Var. nivea, welche die nämlichen Merkmale hat und [redacted]

Das gesellschaftliche Entstehen neuer Species.

Im Jahr 1865 habe ich in einer akademischen Rede [1]) ie Theorie entwickelt, welche ich über die Entstehung der pecies aus den Erscheinungen, die das Pflanzenreich darietet, herleiten zu können glaubte. Die Annahmen Darin's schienen mir, bis auf einen Hauptpunkt begründet u sein. Ich fand nämlich, dass für mehrere Kategorien on Thatsachen das Nützlichkeitsprincip, wie es Darwin ufgestellt hatte, nicht ausreiche. Um dieselben zu erklären iusste ich annehmen, dass die Veränderung in den Individuen icht nach allen Richtungen sondern vorzugsweise nach einer lichtung erfolge, und dass daraus mit Nothwendigkeit die iorphologische Entwickelung der höhern und complicirter ebauten Organismen aus den niedern und einfachern sich rgebe. Ich nannte dies das Vervollkommnungsprinzip.

Seitdem habe ich mich vielfach mit dem Problem der Entstehung von Varietäten und Species beschäftigt. Einereits versuchte ich zu einer strengeren Lösung der wichtigsten Fragen nach mechanisch-physiologischen, biologischen und norphologischen Gesetzen, und soweit es möglich war, mit Hülfe der Rechnung zu gelangen. Andrerseits stellte ich mir die Aufgabe, das räumliche Vorkommen oder die geographische Verbreitung der nächst verwandten Pflanzenformen zu erforschen, um eine thatsächliche Begründung für die theoretischen Resultate zu gewinnen. Denn die Beschaffenheit und die räumliche Vertheilung der nächstverwandten Pflanzenformen sind als die Ergebnisse der Kulturversuche

---

1) Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art.

aufzufassen, welche die Natur selbst angestellt hat, und a ihnen muss auf den Gang dieser Kultur oder mit ande Worten auf die Entstehung der Varietäten und Arten g schlossen werden können.

Das letztere Gebiet der Forschung ist bisher nicht b treten, oder wenn von Einzelnen betreten, doch ohne b stimmte Resultate verlassen worden. In der That sind d Verhältnisse, die sich hier dem Beobachter darbieten, complizirt, die Möglichkeiten so zahlreich, die Eliminirun des Nebensächlichen und Zufälligen so schwierig, die Ve wechslung von Ursache und Wirkung so nahe liegend, da viel Mühe und Zeit erfordert wird, um einige Klarheit das Chaos der geographischen Thatsachen zu bringen u auf den Punkt zu gelangen, wo man nicht blos Möglichkeit sondern nothwendige Folgerungen aus ihnen zu zieh vermag.

Seit dem Jahr 1864 habe ich mich, mit Ausnahme Kriegsjahres 1870, jeden Sommer 2 Monate lang in Alpen aufgehalten, um ausschliesslich das Vorkommen näch verwandter Pflanzenformen zu studiren, namentlich aus variabelsten aller Gattungen, aus dem Genus Hieraci

[redacted]

tigeren Fragen einzeln behandeln und jede für sich zu entscheiden suche. Dies scheint mir der einzig sichere und wissenschaftliche Weg bei einem so verwickelten Thema, und ich halte es für einen der grössten Missgriffe so mancher Autoren, dass sie die verschiedenen Fragen allzusehr vermengten und oft über den schwachen Punkt einer Beweisführung sich mit einer Behauptung aus einem andern Gebiete hinweghalfen.

Ich werde mich ferner nicht damit beschäftigen, ob die Species aus einander hervorgehen, sondern nur wie dies geschieht. Ueber den ersten Punkt ist nach meiner Ansicht mehr als genug gesprochen und die Wissenschaft hat darüber endgültig abgeschlossen, indem alle Gebiete der Beobachtung und der Speculation sich zu demselben Schlusse vereinigen. Der genetische Zusammenhang der Lebeformen ist so sicher, als das Gesetz der Erhaltung von Kraft und Stoff in der unorganischen Natur; denn in der That ist er nichts anderes als die Anwendung dieses allgemeinsten Gesetzes auf das organische Gebiet und sagt nichts anderes, als dass das ganze materielle Sein den gleichen Existenzbedingungen unterworfen ist.

Die Frage, mit der ich heute den Anfang machen will, betrifft das räumliche Vorkommen nächst verwandter Pflanzenformen in der freien Natur. Ich stellte sie desshalb voran, weil sie vollkommen unabhängig von allen andern Fragen, lediglich durch die Beobachtung entschieden werden kann, und weil sie einmal festgestellt bei der Entscheidung der andern Fragen als Prüfstein oder Beweismaterial von Wichtigkeit ist.

Das räumliche Vorkommen nächst verwandter Formen spielt bei jeder Theorie über die Speciesbildung eine wichtige

Rolle. Darwin spricht sich zwar nicht bestimmt darüber aus; aber aus dem ganzen Zusammenhang seiner Darstellung verbunden mit gelegentlichen Aeusserungen, ergiebt sich ziemlich deutlich, wie er sich dasselbe denken muss. Er geht bekanntlich von der künstlichen Rassenbildung aus, welche durch Auswahl der Zuchtthiere und durch Verhinderung der Kreuzung mit andern Individuen in eine bestimmte Bahn geleitet wird. Bei der Bildung von Varietäten und Species in der freien Natur trete die natürliche Zuchtwahl ein, indem diejenigen Individuen, welche neue vortheilhafte Eigenschaften besitzen, die übrigen im Kampfe um das Dasein besiegen und verdrängen und dadurch allein zur Fortpflanzung und Nachkommenschaft gelangen.

Die Vorstellung, welche man sich nach der Darwin'schen Selectionstheorie von dem Vorgange der Speciesbildung machen muss, ist somit die, dass die Tochterform in dem Gebiete, in welchem sie die stärkere oder angepasstere ist, nach Verdrängung der Mutterform allein übrig bleibt, während die letztere in andern Gebieten existensfähiger sein kann und als solche das Feld behauptet. Diese locale Verdrängung ist besonders wegen der Wirksamkeit, welche der Kreuzung [redacted]

müssen wir in der freien Natur die entstehenden Species, wenigstens in bestimmten Stadien des Prozesses, relativ isolirt finden; und zwei nächstverwandte Formen (sei es Mutter und Tochter oder seien es Schwestern) müssen getrennt vorkommen(eine Berührung an den Grenzen ihrer Gebiete ist nicht ausgeschlossen), bis sie physiologisch soweit von einander sich entfernt und soweit sich consolidirt haben, dass sie nicht mehr mit Leichtigkeit sich kreuzen können oder die Kreuzung durch eine energische Verdrängung ihrer Producte unschädlich machen. Ich spreche hier nur von den Folgerungen, die aus Darwin's eigenen Ansichten über die Veränderung der Individuen und die Wirkung der Kreuzung sich ergeben. Ein tieferes Eingehen auf diese Fragen muss ich auf eine spätere Gelegenheit versparen.

Darwin führt keine Beweise aus dem räumlichen Vorkommen in der freien Natur an. Die im Pflanzenreiche vorliegenden Thatsachen sind der vorhin deduzirten Annahme im Allgemeinen durchaus ungünstig; manche befinden sich im entschiedensten Widerspruche mit ihr. Dies Urtheil gründet sich auf die Beobachtung von mehreren Hunderten von Fällen, die als Beispiele für beginnende Species und zwar in allen möglichen Stadien der Entwickelung gelten konnten, und wo fast ohne Ausnahme eine räumliche Vermengung mit nächst verwandten Formen statt hatte. Ich werde die betreffenden Thatsachen heute ausführlicher darlegen. Für die allgemeine Theorie gestaltet sich die Sachlage, die übrigens erst bei der Besprechung der Kreuzung und der individuellen Veränderlichkeit deutlich hervortreten wird, in der Weise, dass im Pflanzenreiche von einer natürlichen Zuchtwahl im Sinne Darwin's nur sehr uneigentlich die Rede sein kann, und dass eine wesentliche Verschiedenheit bestehen muss, zwischen der Speciesbildung in der freien Natur und der

Rassenbildung durch den Züchter vermittelst der künstlichen Zuchtwahl.

Die Selection schien auch schon als blosse Theorie einen schwachen Punct zu haben, welcher von Anhängern Darwin's bemerkt und zu einer Modification der Theorie verwerthet wurde. Nach der Selection nämlich wirken zwei Principien in entgegengesetztem Sinne, einerseits die Kreuzung der Individuen der alten Form mit denen der neuen Form, wodurch die letztere zur erstern zurückgeführt wird, und andrerseits die Verdrängung der alten Form durch die neue, wodurch die letztere sich von jener nachtheiligen Kreuzung frei macht. Es versteht sich daher von selbst, dass eine grosse Zahl von Anfängen neuer Formen durch die Kreuzung vereitelt wird, und ferner, dass die Bildung der neuen Form um so gesicherter ist, je rascher die Gefahr der Kreuzung beseitigt wird, dass daher die Isolirung der Individuen, welche der neuen Form angehören, besonders günstig wirken muss.

Es dürfte selbst in Manchem beim Lesen des Buches „Ueber die Entstehung der Arten" der Zweifel aufgestiegen sein, ob es überhaupt möglich sei, dass in der Weise, wie es Darwin angibt, in der freien Natur neue Formen entstehen, nämlich aus einigen wenigen abgeänderten Individuen, die unter Tausenden von nicht abgeänderten leben. Diese numerisch geringen Anfänge müssten ja sofort durch die Kreuzung wieder beseitigt und mit der herrschenden Form vereinigt werden.

Offenbar war es dieser Gedanke, welcher Moritz Wagner veranlasste, das Migrationsgesetz [1]) und später die Separationstheorie [2]) aufzustellen, wonach es nur dann zur Speciesbildung kommen soll, wenn ein einzelnes kei-

---

1) Sitzungsberichte. 7. März 1868.

2) Sitzungsberichte. 2. Juli 1870.

erzeugendes Individuum oder ein geschlechtlich getrenntes Paar oder ein Keim (Same) vom Verbreitungsbezirk der Stammart räumlich sich lostrennt und auf einem neuen Standorte eine isolirte Kolonie gründet. Die Entstehung einer neuen Form könnte also nur an der Peripherie des Verbreitungsbezirkes der Stammform erfolgen, und die Stammeltern aller Varietäten und Arten wären Anachoreten gewesen. — Die in dieser Weise formulirte Theorie musste natürlich von Darwin zurückgewiesen werden, da sie die natürliche Zuchtwahl unwirksam macht. Doch ist er geneigt eine Concession zu gestatten und der Isolirung eine grössere Bedeutung beizulegen, als er es früher gethan hatte.

Mit viel Kritik ist der „Einfluss der Isolirung auf die Artbildung" von Weismann [1]) beurtheilt worden. Er kommt von den Darwin'schen Theorien ausgehend, zu dem Schlusse, dass die Isolirung unter allen Bedingungen vortheilhaft, aber nur dann nothwendig sei, wenn die abändernden Eigenschaften morphologischer Natur, d. h. für den Kampf um das Dasein gleichgültig sind. Immerhin ist er der Ansicht, dass namentlich bei Pflanzen zahlreiche Beispiele für die Entstehung der Species durch die räumliche Trennung und Verhinderung der Kreuzung (Amixie) beizubringen sein dürften.

Fragen wir nun nach der Begründung dieser Behauptungen von M. Wagner und Weismann, so ist dieselbe eigentlich rein theoretischer Natur; denn Migration, Separation und Amixie waren zunächst Folgerungen aus gewissen Axiomen; erst nachträglich wurden für sie die Beispiele in der geographischen Verbreitung zusammengesucht. Ich bin weit entfernt, mich gegen ein solches Verfahren aussprechen zu wollen, und möchte damit nur andeuten, wie es kommt,

1) Leipzig. 1872.

dass die thatsächliche Grundlage die schwache Seite der genannten Theorien ist.

Die aus dem Pflanzenreiche beigezogenen Thatsachen, die ich allein vollkommen beurtheilen kann, sind äusserst dürftig. M. Wagner führt an, dass die Trennung nahe verwandter, sogenannter vikarirender Thierarten durch Flüsse oder Gebirge eine häufige Erscheinung sei, und dies soll auch für die Pflanzen gelten. Otto Sendtner führe für 60 Pflanzenarten in Bayern bestimmte Flussgrenzen an; noch bestimmter und ausgedehnter finde die Artentrennung auch im Pflanzenreiche durch Hochgebirge statt.

Der Nichtbotaniker, der sich nach diesen Angaben ein Bild von der Verbreitung der Pflanzen machen wollte, würde eine gänzlich unrichtige Vorstellung erhalten. Den Pflanzenformen wird bei ihrer Wanderung fast ohne Ausnahme nur durch ungünstige klimatische Verhältnisse, nicht durch mechanische Hindernisse ein Ziel gesetzt. Nur das Meer kann in ausgiebiger Weise als ein solches Hinderniss angesehen werden. Dagegen findet wohl keine einzige Pflanze an Flüssen und nur wenige an Gebirgszügen eine unüberschreitbare Schranke. Jede setzt leicht über den breitesten und reissendsten Fluss, indem ihre Samen oder Früchte regelmässig von den Winden und wenn sie ausnahmsweise schwer sind, doch von heftigen Stürmen, manche von Thieren am Pelz, am Gefieder oder im Magen, manche auch vom Wasser hinübergetragen werden [1]). Auch die Gebirge bilden

1) Die Berufung auf O. Sendtner (Vegetationsverhältnisse Südbayerns pag. 226) ist zwar buchstäblich richtig, beruht aber auf einem Missverständniss. Sendtner stellte sich die Frage, welche Pflanzenarten und wie weit dieselben von Osten, Süden, Westen und Norden nach Bayern hereinreichen und daselbst ihre Grenze finden. Um ungefähr diese Grenze anzugeben, bedient er sich der Flüsse, welche hier nichts anderes sind als allgemeine geographische Bezeichnungen, ungefähr so wie man sonst auch sagt, eine Pflanze

nur selten in der Weise Grenzen für die Pflanzenformen, dass sie ihrer Weiterverbreitung ein mechanisches Hinderniss entgegenstellen. Die häufiger vorkommenden Arten treten in der Regel an beiden Abhängen auf. Pflanzen mit sporadischer Verbreitung können dem einen Abhange mangeln; aber sie beweisen nichts, weil sie auch auf grossen Strecken des andern Abhanges fehlen. Pflanzen der Ebene, die nicht über einen Gebirgszug hinwegsetzen, gehen auch da, wo derselbe endigt, nicht viel weiter.

Die Verbreitungsbezirke der Pflanzenformen haben überhaupt, soweit das feste Land reicht, nur eine klimatische und daher eine sehr unbestimmte Grenze. Während das Vorkommen im Innern des Areals häufig ein mehr geschlossenes ist, wird es an der Peripherie desselben immer spo-

---

gehe bis zu einem bestimmten Längen- oder Breitengrade. Dies ergibt sich aus dem ganzen Zusammenhange und mag schon aus dem Umstande klar werden, dass unter den 60 Arten mehr als die Hälfte Alpenpflanzen sind, für welche die Flüsse der Ebene, zuweilen auch ihre bachartigen Anfänge im Gebirge als Grenze gelten, — ferner aus dem Umstande, dass statt Donau auch der Ausdruck Donauzone gebraucht wird, — endlich wird es ganz evident aus dem wirklichen Vorkommen der einzelnen Pflanzen nach Sendtner's eigenen Angaben. So wird von demselben der Inn als Westgrenze von Saussurea pygmaea angeführt, für welche alpine Pflanze er zwei Standorte bei Berchtesgaden 8 geographische Meilen östlich vom Inn und einen Standort auf der Rothwand 3 Meilen westlich (!) vom Inn kennt; — ferner der Inn als Westgrenze von Senecio abrotanifolius, als dessen westlichste Standorte Geiglstein, Hochfelln und Sonntagshorn 2, 4 und 6 geographische Meilen östlich vom Inn angegeben sind; — ferner die Isar als Ostgrenze von Avena versicolor, welche häufig im Algäu etwa 10 geographische Meilen westlich von der Isar und auf 3 Standorten bei Partenkirchen 2 geographische Meilen von dem Flusse entfernt vorkommt; etc. etc. Es ist also klar, dass die Flüsse bei Sendtner nicht die Bedeutung einer unüberschreitbaren Schranke für die Pflanzenwanderung hatten, wie sie das Migrationsgesetz und die Separationstheorie bedürfen.

radisch, indem noch einzelne Kolonien 2 bis 10 und meh Meilen von den übrigen Kolonien entfernt auftreten.

M. Wagner führt die sogenannten vikarirenden Arte als Beispiele von getrennten Verbreitungsbezirken und somi als Beweise für die Separationstheorie an. Was das Pflan zenreich betrifft, so bewohnen diese morphologisch einande nahe verwandten Arten nur ausnahmsweise räumlich getrennt Areale. In der Regel sind sie nur nach den einzelnen Stand orten geschieden, indem die eine Form auf kalkarmen, di andere auf kalkreichen, die eine auf feuchteren, die ander auf trockneren, die eine auf tiefer gelegenen die andere au höheren, die eine auf bewaldeten die andere auf waldlose Lokalitäten vorkommt. Wo die verschiedenen Lokalitäte in einander übergehen, berühren sich die beiden Forme unmittelbar, wachsen wohl auch eine Strecke weit durchein ander; und auf der Längenausdehnung von einer Viertel stunde wechseln die beiden vikarirenden Formen oft ei halbes Duzend Mal mit einander ab. Ihre jetzige Verbre tung ist also weit davon entfernt, uns einen Beweis de separaten Entstehung zu geben.

Als Stütze für seine Theorie führt M. Wagner endlich a dass die Pflanzen mit leicht fliegenden Samen oder m

fortgetragen werden, mit weiter Verbreitung. Was aber viel wichtiger und für die vorliegende Frage entscheidend ist, die Variabilität hängt nicht mit der Grösse des Areals zusammen. Es gibt viele Arten mit kleinem Verbreitungsbezirk, von denen anderwärts keine verwandten, sogenannten vikarirenden Arten vorkommen, und ferner solche, die in zahlreicher Vertretung über weite Länder verbreitet und doch im höchsten Grade vielförmig sind, wie z. B. einige Hieracien, Bromībersträucher etc.

Meine Einwürfe gegen die von M. Wagner angeführten Beispiele beziehen sich auf das Pflanzenreich. Ich masse mir nicht an, über die Richtigkeit der Behauptungen, welche das Thierreich betreffen, zu urtheilen. So viel aber scheint mir hinreichend klar, dass dieselben, ihre vollkommene Richtigkeit vorausgesetzt, wohl durch die Separationstheorie erklärt werden können, dass sie aber diese Theorie nicht verlangen, indem sie auf anderem Wege eine ebenso befriedigende Erklärung finden.

Statt eines weiteren Eingehens auf diesen Punkt möge es mir gestattet sein, einige allgemeine Bemerkungen über die Methode der Untersuchung betreffend die geographische Verbreitung der Lebeformen, wie sie für die Speciestheorie erforderlich ist, hier beizufügen. Ich werde dazu veranlasst durch die Art und Weise, wie das Vorkommen bei manchen Autoren, auch bei M. Wagner behandelt wird.

Die erste Bemerkung betrifft die Feststellung des Thatbestandes, dass eine Art oder Varietät auf einen bestimmten Bezirk beschränkt sei. In dieser Beziehung kann nicht genug Vorsicht empfohlen werden. Denn wenn es auch sehr leicht ist, aus den vorhandenen Beobachtungen zu sagen, wo eine Form vorkommt, so fällt es doch ungemein schwer, festzustellen, wo sie nicht vorkommt. Wir erleben es alle Tage, dass Pflanzen auf Standorten, in Gegenden, in Ländern gefunden werden, wo man sie früher nicht kannte. Es gilt

dies selbst für die fleissigst durchsuchten und bestgekannten Floren.

Ich will aus meiner eigenen Erfahrung einige Beispiel anführen. Die Rothwand bei Schliersee ist diejenige Parti der Alpen, welche am leichtesten von München aus erreich werden kann, und welche wegen ihres Pflanzenreichthum am häufigsten von den Botanikern besucht wird. Ich wa seit dem Jahr 1865 8 Mal, jedesmal für einige Tage dort und zwar bloss um die Hieracien zu studiren. Meine Vorgänger waren O. Sendtner, der ebenfalls mehrmals dort verweilte und sein besonderes Augenmerk auf die Gattung Hieracium richtete, die er monographisch bearbeitete, und der vortreffliche Hieracienkenner Molendo, der unter andern einmal mehrere Wochen in der Alphütte sich aufhielt. Trotz dem habe ich den früheren Fünden noch mehr als ein halbe Dutzend neuer sehr chakteristischer und auffallender Forme hinzufügen können, wie z. B. H. humile, H. stoloni florum W. K. (non Auct.) = H. versicolor Fr. etc. Un doch bin ich bis jetzt nur den breitgetretenen Wegen meine Vorgänger gefolgt, und habe die von ihnen vernachlässigte Partieen des Berges ebenfalls gemieden. Selbst der letzt Besuch ergab auf zwei von mir und andern früher fleissi [redacted]

Hinterrhein aufgehalten und fast die ganze Zeit auf den enfalls von Villars her berühmten Valserberg verwendet. ɜr untersuchte Abhang steigt ungefähr 3000 Fuss (970 Met.) ıer die Thalsohle empor und hat eine Länge von 1½ unden. Ich achtete ausschliesslich auf Hieracien; mein ɔhn, der mich begleitete, half mir mit scharfen Augen chen und sammeln. Es wurden fortwährend neue Formen tdeckt, und nach neunwöchentlicher unausgesetzter Arbeit öchte ich mir doch nicht anmassen, von den meisten in raubünden wachsenden alpinen Hieracienformen zu behaupten, ıss sie nicht an dem erwähnten Abhange vorkommen.

Die Hieracien sind fusshohe Pflanzen und zur Blüthe-it von Weitem sichtbar. Untersuchungen über die Ver-·eitung von Käfern und andern Insekten scheinen mir noch el mehr Mühe und Zeit zu erfordern und mit grösseren ːhwierigkeiten verbunden zu sein. Ich kann mich daher niger Zweifel nicht erwehren, wenn M. Wagner nach den ıf einer Reise gemachten Wahrnehmungen ein Urtheil über ie räumliche Trennung von Käferarten durch Flüsse und ebirge abgibt, ohne dasselbe genauer zu motiviren.

Es ist eine nicht unbeliebte Sitte, Beispiele für ver-ːhiedene Behauptungen betreffend die Speciesbildung aus den loren und Faunen ferner Welttheile zu holen, fast als ob ıan das ungenau und oberflächlich Bekannte besser brauchen önnte, als die bis ins Einzelne erforschten und kritisch fest-estellten Thatsachen aus der Heimath. Ich halte es für ine begründete Forderung einer gewissenhaften Kritik, dass ıan sich rücksichtlich der Verbreitung der Organismen aus-chliesslich oder wenigstens ganz überwiegend an Beispiele us Mitteleuropa und zwar selbstverständlich aus den von er Kultur wenig veränderten Gebirgsgegenden halte. Nicht ur steht hier ein reiches Material in der Literatur zu Gebot, ondern man besitzt auch die Möglichkeit, dasselbe durch igene Beobachtung zu berichtigen und zu ergänzen, und

was noch wichtiger sein dürfte, man setzt Jedermann in de Stand, die vorgebrachten Thatsachen zu prüfen und ma ermöglicht damit eine fruchtbringende Discussion und ein endgiltige Entscheidung. Ueberdem bewegt man sich hie mit Rücksicht auf verschiedene für die Schlussfolgerung of unentbehrliche Momente — wie Verbreitung der Lebeforme im Allgemeinen, Beschaffenheit des Bodens und Klimas Geschichte der vorausgegangenen geologischen und geogra phischen Veränderungen, frühere Wanderungen der Organis men, — auf einem möglichst erforschten und bekannten Gebiete während man in Asien, Afrika, Südamerika, Australien so- zusagen auf einer terra incognita herumtappt.

Eine zweite Bemerkung, die ich mir erlaube, betrifft die Folgerung, die man aus dem Thatbestande der Ver- breitung zieht. Um aus dem separirten Vorkommen zweier naheverwandter Formen auf isolirte Entstehung schliessen zu können, muss noch der Beweis oder wenigstens eine gross Wahrscheinlichkeit beigebracht werden, dass die beiden Formen die Wohnsitze seit ihrer Entstehung nicht veränder haben. Denn es wäre ja möglich, dass sie gesellschaftlic entstanden wären, aber nachher durch Migration sich ge trennt hätten. M. Wagner führt die sogenannten vika-

immer die Wirkungen unserer letzten Eiszeit berücksichtigt werden, und für alle andern Gebiete der Erdoberfläche ist jedesmal die Frage aufzuwerfen, welcher Zeitraum annähernd wohl seit der letzten grossen Veränderung im Klima (durch eine Eiszeit oder irgend eine andere Ursache) verstrichen sei. Dann muss erst für jeden einzelnen Fall mit Beiziehung aller Umstände, die über die Entstehung Aufschluss geben können, die weitere Frage geprüft werden, ob diese Entstehung mit Wahrscheinlichkeit vor oder nach der letzten Wanderung statt gefunden habe.

Eine dritte Bemerkung soll sich noch auf die genetische Bedeutung der Lebeformen beziehen. Ich habe in einer früheren Mittheilung [1]) gezeigt, dass man zweierlei Formen unterscheiden muss, constante, die durch innere Ursachen entstehen, und Localformen, welche das unmittelbare Product der äussern Einflüsse sind. Die letzteren sind für die Entstehung der Species ganz ohne Bedeutung. Ihre Merkmale erlangen, wenn sie durch eine noch so lange Generationenreihe unverändert geblieben, nicht die geringste Constanz; denn bei der Verpflanzung auf einen andern Standort verliert die Lokalform im ersten Jahre vollständig die ihr von dem früheren Standorte aufgedrückten Merkmale und nimmt diejenigen der neuen Lokalität an. Man muss also, ehe man zwei räumlich getrennte Formen für die Theorie der Speciesbildung verwendet, vorher durch das Experiment erproben, welche Bedeutung ihre Verschiedenheiten haben.

Ich gehe nun zur Darlegung der Ergebnisse meiner eigenen Beobachtungen über. Betrachten wir zuerst das Vorkommen nahe verwandter Pflanzenformen im Grossen

1) Sitzung vom 18. November 1865.

und Ganzen so können wir sagen, dass sie im Allgemeinen ein gesellschaftliches Leben führen, in der Weise, dass die Kreuzung zwischen ihnen in ausgiebigstem Maase möglich ist. Die Vergesellschaftung tritt, wie ich schon in einer frühern Mittheilung[1]) dargethan habe, in doppelter Art auf. Entweder wachsen die beiden verwandten Formen auf dem nämlichen Standorte durcheinander, oder sie sind auf verschiedene Standorte getrennt, indem sie da wo der eine Standort in den andern übergeht, bloss sich berühren oder auf einer Uebergangszone mit einander gemengt sind. Ich habe ersteres Vorkommen, welches das viel häufigere ist, das synöcische, letzteres das prosöcische genannt.

Die prosöcischen Formen sind sogenannte vikarirende; sie vertreten einander gleichsam auf verschiedenen Standorten. Die Prosoecie entsteht dadurch, dass von den neben einander liegenden verschiedenen Combinationen äusserer Verhältnisse diese für die einen, jene für die andere Form günstiger sind. Die prosöcischen oder vikarirenden Formen wechseln oft auf kleine Distanzen wiederholt mit einander ab, was dann möglich ist, wenn die wechselnde Bodenbeschaffenheit massgebend ist. Auf einem Boden von mittlerer Beschaffenheit können die sonst prosöcischen Formen synöcisch (gemengt mit einander) auftreten.

Im Ganzen zeigen nahe verwandte Formen viel häufiger ein synöcisches Vorkommen, so dass vielleicht nicht mehr als 5 Prozent prosöcisch sind; aber die letztern machen sich durch den auffallenden Wechsel in ihrem Vorkommen viel mehr bemerkbar als die ersteren. Beachtenswerth ist auch, dass nach allen meinen bisherigen Beobachtungen die Prosoecie für die allernächsten Verwandtschaftsgrade (schwächere und bessere Varietäten) ausgeschlossen scheint und nur für einen weiteren Verwandtschaftsgrad

1) Sitzungsberichte, 10. März 1866.

ıhe verwandte Arten wie die beiden Rhododendron unserer pen, Achillea moschata und atrata, Primula officinalis und tior, Prunella vulgaris und grandiflora etc.) eintreten kann, hrend sie für die noch weiteren Verwandtschaftsgrade eder aufgehoben ist.

Die synöcischen und prosöcischen Formen stimmen rin mit einander überein, dass sie die gegenseitige Kreuzng gestatten, die letzteren allerdings nur in einer Grenzne, wo sich ihre Standorte berühren und die so weit icht, als die befruchtenden Insekten gewöhnlich herumegen. Sind die Standorte klein, so gehören sie ganz der euzungszone an. Wir können die synöcischen und prorcischen Formen zusammen als gesellige oder cönotische bezeichnen. Den Gegensatz bilden die eremischen, separirten, isolirten, oder telöcischen ırmen, wie ich sie früher genannt habe.

Der Cönobitismus nun gilt nicht nur als Regel für die ıhe verwandten Pflanzenformen überhaupt sondern auch r jeden einzelnen Verwandtschaftsgrad derselben. Wir finden ıf dem gleichen Standorte vereinigt die allergeringsten ırietäten wie z. B. Cirsium heterophyllum mit ungetheilten ıd fiedertheiligen Blättern, Hieracium silvaticum (H. murum Auct.) mit oder ohne Stengelblatt, — etwas bessere ırietäten, wie z. B. Hieracium Hoppeanum mit unterseits eicheren und mit unterseits intensiv rothgestreiften Randüthen, roth und weiss blühende Campanula, — noch bessere ırietäten oder die schwächsten Arten wie z. B. Hieracium pinum mit Haaren und kleinen Drüsen und die neue Form . holadenium bloss mit Drüsen (ohne einfache Haare), ımpanula rotundifolia mit kahlen und Var. velutina mit kurzıarigen grauen Blättern, — ferner etwas bessere und endh gute Arten. Ich könnte den Cönobitismus jedes einzelnen erwandtschaftsgrades mit zahlreichen Beispielen belegen. s ist dies überflüssig, da die Thatsachen ohnedem jedem

aufmerksamen Botaniker bekannt sind, oder wenn es nic
der Fall sein sollte, doch jedem, der darnach ausge
sofort in Menge entgegentreten werden.

Dabei ist fast selbstverständlich, dass von zwei cö-
bitischen Formen (A und B) die eine oder andere a
eremitisch auftreten kann; man findet z. B. A und B a
12 Standorten gesellig, A auf 3, B auf 1 weitern Standort
isolirt. Betreffend dieses doppelte Vorkommen ist als seh
deutliche und durch zahlreiche Beispiele belegte Regel b-
merkenswerth, dass die cönobitischen Formen um so häufig
auch eremitisch vorkommen, je mehr sie verwandtschaftlich
auseinander gehen. Unter den allernächsten Verwandtschafts-
graden (Varietäten) gibt es solche, die, wie es scheint, nie
isolirt leben, so dass man also immer A und B beisammen
findet. Häufig ist dann von zwei Varietäten die eine i
viel grösserer Individuenzahl vertreten als die andere; jene
kommt auch allein vor, diese bloss in Gesellschaft mit jener.
Letzteres gilt z. B. für viele, vielleicht für alle weissblühenden
Varietäten von rothen Arten.

Wenn ich sage, dass der Cönobitismus nahe verwandter
Formen Regel sei, so will das natürlich nicht heissen, dass
alle unter einander nahe verwandten Formen gesellig zu-
sammen wohnen, sondern nur, dass dieselben gruppenweise
vereinigt sind. Die von einander getrennten Verbreitungs-
bezirke oder Standorte beherbergen nicht einzelne Eremiten
sondern eremitische Gruppen von Cönobiten. Von 9 na
verwandten Formen (A, B, C, D, E, F, G, H, I) kommen z. B.
A, E und H an einem Orte, B, D, G und I an einem and
Orte und C mit F an einem dritten Orte gesellig vor.

Die angeführten Thatsachen sprechen ganz entschied
gegen die Theorien der Separation und Amixie und we
im Gegentheil deutlich auf ein geselliges Entstehen h

Das gesellschaftliche Beisammenwohnen nahe verwandter
Pflanzenformen war mir schon durch meine Untersuchung

in den Jahren 1864, 1865 und 1866 als allgemeine Regel klar geworden, und ich habe in meinen damaligen Mittheilungen in der mathematisch-physikalischen Classe wiederholt davon gesprochen. Allein es blieb mir durchaus zweifelhaft, wie die Thatsache für die Speciesbildung zu verwerthen sei, da sie sich im Widerspruche mit anderen unbestrittenen und wie mir schien sicheren Annahmen befand. Wie war es möglich, dass zwei und mehrere nahe verwandte Formen auf dem gleichen Standort durcheinander, also vollkommen unter den gleichen äusseren Verhältnissen vorkamen, ohne dass die stärkere die schwächeren im Kampfe um das Dasein, der gerade hier sehr intensiv sein müsste, verdrängte und allein übrig blieb? Oder wenn allenfalls bei nächster Verwandtschaft noch keine Verschiedenheit in den Ansprüchen, somit noch kein Kampf und kein Verdrängen bestehen sollte, wie war es möglich, dass die dann ungehemmt wirkende Kreuzung die wenig verschiedenen Formen in eine einzige verschmolz?

Da machte ich im Sept. 1867 bei einem Ausflug auf die Rothwand eine mein Interesse im höchsten Grade erregende und in ihren Folgen sehr fruchtbare Beobachtung. Auf dem ganzen Gebirgsstocke wächst auf trockenen steinigen mit wenig Gras bewachsenen Stellen und an Felsen häufig Hieracium villosum. Auf einem sonnigen, felsigen und rasenlosen, steil abschüssigen Standorte, der mit etwas Klettern zu erreichen ist, stehen dagegen zwei untereinander und mit H. villosum sehr nahe verwandte Formen. Dieselben verhalten sich in den meisten Merkmalen so zu einander, als ob H. villosum ihre Zwischenform wäre; die eine (H. villosissimum) geht in der längeren und reicheren Behaarung, in den grösseren Köpfen und den stärker abstehenden und längeren Hüllschuppen soweit über H. villosum hinaus, als die andere (H. elongatum) in der schwächeren und kürzeren Behaarung, in den kleineren Köpfen und den kürzeren,

weniger abstehenden Hüllschuppen hinter demselben zurückbleibt. Beide Formen unterscheiden sich aber gemeinsam von H. villosum durch höheren, mehr aphyllopoden Stengel und spätere Blüthezeit. Beide Formen sind auf diesem Standorte (anderswo habe ich sie auf der Rothwand nicht gesehen) ungefähr in gleicher Zahl, jede in mehr als 1000 Stöcken vorhanden; sie sind vollständig untereinander gemengt, nicht etwa truppweise separirt. H. villosum mangelt daselbst gänzlich. Auch war es mir nicht möglich, eine einzige Zwischenform zwischen H. villosissimum und H. elongatum, welche als Bastard hätte gedeutet werden können, aufzufinden. Ich habe seitdem den Standort bei jeder Excursion auf die Rothwand besucht und immer den ersten Befund constatirt.

Diese Beobachtung zeigte mir deutlich, dass die beiden Formen das verwandte H. villosum von ihrem, demselben im Uebrigen angemessenen Standorte verdrängten, dass sie aber einander selbst nicht zu verdrängen im Stande waren. Sie brachte mich auch betreffend die Entstehung dieser Formen naturgemäss auf die Vermuthung, es möchten aus dem ursprünglich allein vorhandenen H. villosum sich nach entgegengesetzten Seiten hin abweichende Varietäten gebildet

[redacted]

Sowie nun meine Aufmerksamkeit eine bestimmte Richtung gewonnen hatte, gelang es mir unschwer, eine Menge analoger, wenn auch äusserlich mehr verdeckter Fälle in der Gattung Hieracium zu beobachten. Die Thatsachen sind in Kurzem folgende. Auf dem nämlichen Standorte kommen zwei Varietäten oder nächstverwandte Arten räumlich vollkommen durcheinander gemengt vor; sie sind in den Merkmalen meist scharf geschieden und ohne Zwischenglieder, zuweilen mit einzelnen, äusserst spärlichen, selten mit zahlreicheren Mittelformen, die man ohne Zweifel als Bastarde betrachten kann. Aehnliche oder andere Zwischenformen finden sich dagegen auf andern Lokalitäten. Die letzteren halten mit Rücksicht auf einzelne wichtige Charaktere bald die Mitte zwischen jenen beiden Arten oder Varietäten; bald nähern sie sich einer derselben mehr oder weniger, während sie meistens in anderen Merkmalen von beiden abweichen. Sie können auch einer der beiden Formen äusserst nahe kommen und fast identisch mit derselben sein. Diese von jenem verwandten Paar getrennt lebenden Formen können entweder eremitisch oder mit anderen verwandten Formen cönobitisch auftreten.

Statt eines Paares von Varietäten oder nächst verwandten Arten kommen manchmal auch 3, 4 und 5 derselben auf einem Standorte beisammen vor. Dann sind aber, soweit meine Beobachtungen bis jetzt reichen, zwei derselben einander näher verwandt.

Zur Erläuterung dieser cönobitischen schwachen Arten oder guten Varietäten dienen andere gesellig lebende Formen, die einander noch näher stehen und die bis zu den leichtesten Varietäten und bis zu individuellen Verschiedenheiten sich abstufen. Es liegen also von der individuellen bis zur specifischen Verschiedenheit alle möglichen Entwickelungsstadien an cönobitischen Formen vor; und es wird dadurch die Annahme, dass die Species gesellig entstehen und gesellig

sich ausbilden, äusserst nahe gelegt. Indessen ist damit nur erst eine Möglichkeit ausgesprochen. Es muss noch die Nothwendigkeit oder wenigstens die grosse Wahrscheinlichkeit dieser Deutung kritisch festgestellt werden.

Um bestimmte Schlüsse aus den angeführten Thatsachen zu ziehen, müssen wir zuerst wissen, ob die Geselligkeit der cönobitischen Formen eine *dauernde* oder bloss eine *vorübergehende* sei? Man könnte sagen, die Formen, die wir jetzt gerade auf einem Standort vereinigt finden, seien erst seit kurzer Zeit beisammen; die Pflanzen änderten ihren Wohnort und jede von ihnen sei bald mit diesen bald mit jenen cönobitisch. Eine solche Behauptung könnte wohl für das der Kultur anheimgefallene Areal mit Grund aufgestellt werden. Hier ist es augenscheinlich, wie die Vegetationen wechseln. Mit den Kulturpflanzen werden fortwährend viele Unkräuter eingeführt. Und wenn dies auch nicht der Fall ist, so verändern sich mit der Kultur doch die äusseren Bedingungen. Der Wald wird umgehauen und wächst dann wieder langsam auf. Die Düngung verändert den Boden; die dem Boden in den Ernten entzogenen Stoffe verändern ihn nicht minder. Die fortschreitende Entwaldung modifizirt die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft und des Bodens etc.

[redacted]

ler historischen Zeit wohl keine andere Wirkung auf die Vegetation ausüben als in der vorhistorischen Zeit die damals häufigeren Gemsen, Steinböcke und Murmelthiere.

Ich habe aus den angegebenen Gründen meine Beobachtungen grösstentheils in den Alpen und daselbst vorzugsweise in einer Höhe über 5000′ (1620 Met.) angestellt. In tiefern Regionen hielt ich mich ausschliesslich an solche Standorte, von denen ich mit einigem Grunde annehmen konnte, dass sie seit sehr langer Zeit keine Veränderung erfahren haben.

Wenn aber auch die Lokalitäten die nämlichen geblieben sind, so könnte man doch den Einwand machen, dass ihre Vegetation durch die Pflanzenwanderung sich fortwährend verändern werde, und man könnte daran erinnern, dass ja die Pflanzen sehr leicht wandern, da ihnen für den Transport der Samen verschiedene sehr wirksame Mittel gegeben sind. Ein solcher Einwurf wäre aber durchaus ungegründet. Als das Klima der Eiszeit in unser jetziges Klima sich umänderte, fand eine grossartige Wanderung der ganzen Vegetation statt. Dieselbe musste aber bald beendigt sein, die Pflanzen mussten ziemlich rasch das ihnen durch den Kampf mit allen übrigen Concurrenten bestimmte Areal erringen; und zwar musste dieses Ziel um so schneller erreicht werden, je rascher ihre Wanderung vor sich geht. Sobald sie dieses Areal inne hatten, so war ein stationärer Gleichgewichtszustand erreicht. Von jetzt an konnten nur noch unbedeutende Schwankungen in der Vertheilung der Gewächse eintreten, insofern Schwankungen in den klimatischen Verhältnissen (Jahre mit ungleichen mittleren und extremen Temperaturen, mit ungleichen feuchten Niederschlägen etc.) oder Veränderungen in den Bodenverhältnissen (durch Bergstürze, Ueberschwemmungen, Lawinen etc.) sie veranlassten. Wie schnell die wandernden Pflanzen sich über grosse Gebiete ausbreiten und zu einem stationären

Zustand des Wohnsitzes gelangen, sehen wir aus vielen Beispielen von Arten, die sich in historischer Zeit in fremden Welttheilen einbürgerten.

Von einer jetzt noch thätigen Pflanzenwanderung kann also nicht die Rede sein. Zwar werden die Samen einer jeden Pflanzenform jährlich über ihren Verbreitungsbezirk hinausgeführt. Aber das geschah auch schon vor 1000, vor 10,000 Jahren und früher, und wenn sich die betreffende Form mehr Terrain erobern könnte, so wäre es längst geschehen. Hieracium Hoppeanum kommt in der ganzen östlichen Alpenkette vor; es geht westlich bis Andermatt und endigt daselbst mitten im Urserenthal [1]). Diese Grenze muss es schon seit längster Zeit gehabt haben und es muss sie auch für die Zukunft behalten, wenn nicht wirksame klimatische Veränderungen eintreten. — Eine etwelche Verschiebung der Pflanzenformen ist bei gleich bleibenden äussern Verhältnissen nur möglich, insofern neue Formen entstehen und alte verschwinden, denn die neuen werden eine andere Verbreitungsfähigkeit besitzen als diejenigen, an deren Stelle sie treten. Diese Verschiebung der Pflanzenformen setzt also die erfolgte Bildung neuer Formen voraus; sie kann demnach nicht in Betracht kommen, wo es sich erst um in der Entstehung begriffene Formen handelt und hat auch keine Anwendung für viele Fälle des Cönobitismus, die für die Speciesbildung besonders wichtig sind.

Dass die cönobitischen Formen nicht etwa blos vorvorübergehend vereinigt sind, ergibt sich übrigens auch besonders aus der Art ihres Vorkommens. Eine Menge von Beispielen lassen sich unter eine der folgenden 5 Kategorien bringen.

1) Die Angabe Christener's, dass diese Pflanze bei „Nufenen im Wallis" wachse, ist unrichtig und wurde durch eine Verwechselung von Nufenen im Rheinwald mit dem gleichnamigen Pass im Oberwallis veranlasst.

1. Eine Pflanzenform A ist über ein grosses Gebiet erbreitet; mitten in demselben wächst mit A an einer oder nigen wenigen benachbarten Stellen die verwandte und onst nicht vorkommende Form B. — Hieracium alpinum t. durch die ganze Alpenkette eine sehr häufige Pflanze. lan findet es auf allen Bergen von 5500 und 6000′ (1790 nd 1950 Met.) an aufwärts, wenn die Unterlage nicht etwa Kalk mit bloss dünner Humusdecke ist. Im Rheinwald (in Graubünden) kommt cönobitisch mit demselben auf zwei Standorten H. holadenium vor, das ich schon oben als Beipiel einer guten Varietät oder schwachen Art erwähnt habe. Anderwärts ist es bis jetzt nicht gefunden worden und mangelt auch sehr wahrscheinlich, da es als eine ausgezeichnete Pflanze nicht übersehen werden konnte. H. holadenium muss mit H. alpinum seit der Eiszeit im Rheinwald leben oder was wahrscheinlicher ist, es muss seit jener Epoche aus H. alpinum entstanden sein.

2. Eine Pflanzenform A ist über ein grosses Gebiet verbreitet. Innerhalb dieses Gebietes findet sich cönobitisch mit A die verwandte Form B auf verschiedenen Standorten, welche ihrer Lage nach eine Einwanderung höchst unwahrscheinlich und selbst unmöglich erscheinen lassen. Als Beispiel führe ich Hieracium macranthum (H. Hoppeanum Var.) an, welches gemeinschaftlich mit H. Pilosella auf der Garchingerhaide bei München und auf dem Lechfelde bei Augsburg lebt, wo es nach der Eiszeit zurückgeblieben ist. Ich habe hievon schon in einer frühern Mittheilung (18. Nov. 1865) gesprochen.

3. A und B sind beide cönobitisch über ein grosses Gebiet in Menge verbreitet, indem sie fast überall entweder synöcisch oder prosöcisch vorkommen. Die beiden Alpenrosen (Rhododendron ferrugineum und Rh. hirsutum) [1], Achillea atrata und A. moschata [1], Hieracium Pilosella und

1) Sitzungsberichte, 15. Dec. 1865.

H. Hoppeanum in den Alpen östlich vom St. Gotthard, Hieracium alpinum und H. rhaeticum etc. wohnen seit der Eiszeit beisammen.

4. A und B kommen mit einander auf einem für die Einwanderung unzugänglichen, inselartigen Gebiet vor und müssen daselbst seit der Eiszeit beisammen gelebt haben. Als solche Gebiete sind zu betrachten wirkliche Inseln, die weit genug von den Continenten entfernt sind, Berge oder Gebirgsgipfel, Sümpfe, Seen in hinreichender Entfernung von ähnlichen Lokalitäten, wo A und B wirklich vorkommen.

5. Auf einem begrenzten Standorte kommen die nahe verwandten Formen A und B durcheinander vor. Anderwärts finden sie sich nicht in der gleichen Modification, sondern mehr oder weniger abgeändert als A′, A″ .... und B′, B″ .... Wir sind gezwungen anzunehmen, dass A und B seit der letzten grossen Wanderung beisammen sind, oder dass sie sich in der Geselligkeit aus A′, B′ etc. umgewandelt haben. Ich werde später noch weitläufiger von diesem interessanten und wichtigen Factum sprechen.

Wenn es nun sicher ist, dass die cönobitischen verwandten Formen nicht durch spätere Wanderung zusammengekommen sind, so ergibt sich die fernere Frage, ob der

einer kurzen Beobachtungszeit aus beurtheilt werden soll. Wenn ein Reisender an einen unbekannten See kommt, von dem er nicht weiss, ob ein Ausfluss vorhanden ist und wo derselbe sich befindet, so bleibt er im Zweifel, ob das Wasser stille stehe, ob es sich nach rechts oder links bewege. Wenn man Einem, der nie eine Uhr gesehen hat, den Stundenzeiger weist, so wird er, nachdem er eine Minute lang hingesehen hat, nicht wissen, ob derselbe unbeweglich sei oder ob er sich langsam rechts oder links herumdrehe. Was aber eine Minute für den Stundenzeiger der Uhr ist, das sind für eine Pflanzenform die 30 oder 40 Jahre, während welcher ein Botaniker sie auf einem Standorte beobachten kann oder selbst die 200 und 300 Jahre Geschichte, welche er mit Hülfe getrockneter Exemplare construiren kann, die von früheren Botanikern gesammelt wurden und in den Herbarien aufbewahrt sind. Man wird für diese Zeit in der Regel keine bemerkbare Veränderung zu constatiren vermögen.

Wir können uns zuerst auf einen ganz allgemeinen Standpunkt stellen und die Frage aufwerfen, ob seit der letzten grossen, mit dem Erlöschen der Eiszeit verbundenen Wanderung überhaupt Umbildungen der organischen Formen stattgefunden haben. Man könnte die Behauptung aufstellen, es seien die jetzt lebenden Formen alle schon vor der Eiszeit entstanden, ihre jetzige geographische Verbreitung sei daher nur die Folge der Wanderung und ohne Beziehung zur Entstehung, welche unter einer früheren und ganz andern Verbreitung erfolgte. Eine solche Behauptung würde nicht gegen die Transmutationslehre im Allgemeinen verstossen. Denn man mag der letztern irgend eine Gestalt geben, so wird man immer zugestehen müssen, dass die Lebeformen während eines sehr langen Zeitraums, der sich bis zur Eiszeitferne (von der Eiszeit bis jetzt) ausdehnen kann, in ihren Merkmalen unverändert bleiben können, um dann plötzlich

in eine Periode der Umwandlung einzutreten. Wollte man nun diese, wie mir scheint, unbestreitbare Annahme so formuliren, dass man sagte, der Stillstand in der Entwicklung treffe alle Pflanzen- und Thierformen gleichzeitig, so hätte man die vorhin erwähnte Behauptung von allgemeinen kürzeren Umbildungsperioden, auf welche lange Ruheperioden folgten. Allein dagegen sprechen mancherlei Gründe, welche uns zeigen, dass bei den verschiedenen Formen sowohl die Perioden der Ruhe als die der Umwandlung eine ungleiche Dauer haben, und so vertheilt sind, dass zu jeder Zeit die Transmutation in einer kleinen Zahl von Formen thätig ist, während sie bei der grösseren Zahl ruht. Ich werde in einem folgenden Vortrage diese Frage mit Rücksicht auf andere Momente näher erörtern und heute nur Thatsachen aus den Vorkommensverhältnissen anführen, welche uns beweisen, dass seit der Eiszeit wirklich Umwandlungen stattgefunden haben.

Vorher will ich noch zwei Thatsachen kurz besprechen, welche man für die Stabilität der Formen seit der Eiszeit geltend machte. Die erste besteht in den fossilen Ueberresten, welche nach dem Urtheil der Palaeontologen beweisen, dass die Vegetation während des Diluviums die gleiche war wie jetzt, und dass die nämlichen Arten und Varietäten damals gelebt haben. Selbst während der Tertiärzeit sollen gewisse unserer jetzigen Pflanzenarten (nach Unger z. B. immergrüne Eichen) schon existirt, andere seitdem eine nur geringe Umbildung erfahren haben.

Doch dürfen wir aus paläontologischen Beobachtungen nicht mehr schliessen, als wirklich daraus folgt. Sie zeigen uns in dem vorliegenden Falle bloss, dass die beobachteten Pflanzenarten, die einen kleinen Bruchtheil der Flora ausmachen, keine sehr bedeutende Umwandlung erlitten haben, schliessen aber geringere Veränderungen an denselben nicht aus und beweisen nichts bestimmtes für alle übrigen Pflanzen.

: fossilen vegetabilischen Reste aus dem Diluvium sind ır mangelhaft, sie bestehen in einzelnen schlecht erhaltenen eilen (Stengel, Blätter, Früchte); sie lassen im besten ll die Identität der Gattung oder Gattungsection (Species weitesten Sinne) erkennen. Von einer weiter gehenden rgleichung kann keine Rede mehr sein. Die Unterscheing der näher verwandten lebenden Species gründet sich f eine Gesammtheit von vielen Merkmalen, von denen bei n fossilen Resten die Mehrzahl und darunter gerade die ichtigsten mangeln. Wenn wir aus frischen Blättern, Stengelücken, Früchten, die noch alle Eigenschaften intact besitzen, lein die Species nicht zu erkennen vermögen, wie sollten ir es können aus den vorweltlichen Organen, die ihre harakteristischen Eigenschaften meist verloren haben. Es st daher nicht zu viel behauptet, wenn ich für den Zeitraum on dem Diluvium bis auf jetzt den Satz aufstelle, dass lurch die paläontologischen Erfahrungen eine Veränderung ler Pflanzenformen in nächstverwandte Species oder in gute /arietäten nicht im Geringsten ausgeschlossen ist.

Die andere Thatsache, welche für die Stabilität der Formen seit der Eiszeit angeführt wird, betrifft diejenigen Pflanzen und Thiere, welche jetzt zugleich in Gebieten vorkommen, zwischen denen die Wanderung seit jener Epoche unmöglich war. Der hohe Norden, die Alpen, die Pyrenäen, selbst der Harz, das Riesengebirge, die Vogesen sind so weit von einander entfernt, dass der Transport von Samen aus dem einen dieser Gebiete in ein anderes sehr unwahrscheinlich ist. Demgemäss beherbergt jedes dieser Gebiete manche Pflanzen, die den andern mangeln. Es gibt aber auch Formen, welche zweien oder mehreren derselben gegemeinsam sind. Man erklärt die letztere Thatsache wohl mit Recht so, dass die jetzt mangelnde Communication zur Eiszeit bestanden habe. Von den jetzt zugleich auf den Alpen und im hohen Norden lebenden Pflanzen sind die

einen im Norden entstanden und zur Eiszeit auf die Alpen gelangt, die andern haben die entgegengesetzte Wanderung ausgeführt.

Vergleichen wir nun die Vegetationen zweier solcher jetzt isolirter Gebiete genauer mit einander, so erscheinen manche Pflanzenformen ganz identisch, während andere geringe Abweichungen zeigen und als schwächere oder bessere Varietäten unterschieden werden können. Es verhalten sich daher die Pflanzenformen auf den Alpen und im hohen Norden bald wie A: A, bald wie A: A′, und wir werden zu der Annahme geneigt sein, dass im ersteren Falle die Pflanzen in den beiden Gebieten seit der Eiszeit unverändert geblieben seien, und dass im zweiten Falle die in das andere Gebiet hinübergewanderten Individuen in ihren Nachkommen sich etwas umgewandelt haben.

Es ist dies jedoch nur eine nahe liegende Möglichkeit, deren man sich gelegentlich wohl erinnern, die man aber nicht als selbstständiges Beweismaterial benutzen darf. Denn es sind verschiedene andere Möglichkeiten nicht ausgeschlossen. Wenn in den beiden Gebieten die Formen sich verhalten wie A zu A′, so kann dies auch schon zur Eiszeit der Fall gewesen und beide seitdem unverändert geblieben sein; es

rken müsse. Doch ist dieser Satz weder thatsächlich ewiesen, noch ist er theoretisch beweisbar. Man kann dagegen einwenden, der Umstand, dass eine Pflanzenform ährend einer so langen Periode (von der Eiszeit bis jetzt) af den Alpen und im Norden unverändert und ungeschwächt eben konnte, gestatte den Schluss, dass die äusseren Verältnisse in den beiden Gebieten trotz ihrer anscheinenden Ingleichheit auf die Natur der Pflanzen doch gleichartig einwirken, dass sie den verschiedenen vegetabilischen Functionen in gleichem Masse förderlich sind. Daraus folgt denn auch ungezwungen, dass sie die Umbildung der Form, die aus inneren Ursachen erfolgt [1]), in beiden Gebieten in gleicher Weise gestatten, wenn zufällig die Individuen in der gleichen Richtung zu variiren beginnen.

Ich führe das eben Gesagte blos als Möglichkeit an, die mir selber als die weniger wahrscheinliche vorkommt. Ich bin geneigt in Hieracium alpinum und H. aurantiacum, welche Arten in identischen Formen die Alpen und den Norden bewohnen, die unveränderten Pflanzen der Eiszeit zu sehen. Aber es mangelt mir dafür zu meinem Bedauern noch ein ausreichender Grund. Immerhin glaube ich nicht, dass es in dieser Beziehung ein allgemeines Gesetz gebe, welches für alle Pflanzen gilt. Die Mehrzahl der Formen, welche in gut getrennten Gebieten in den Merkmalen identisch scheinen, mag seit der letzten Communication zwischen den Gebieten unverändert geblieben sein, während vielleicht eine geringe Zahl sich in identischer Weise umgewandelt hat. Man muss daher jeden einzelnen Fall besonders behandeln und ausser dem Vorkommen auch alle übrigen Momente, welche Aufschluss geben können, in Betracht ziehen.

Die allgemein gestellte Frage, ob seit der Eiszeit die die Transmutation still gestanden oder thätig gewesen sei,

---

1) Sitzungsberichte, Mittheilung vom 18. Nov. 1865.

gibt uns, wie wir gesehen haben, in den paläontologischen Ergebnissen gar keine und in der Vergleichung der Floren separirter Gebiete eine unbestimmte Antwort. Lohnender ist es, die Untersuchung speciell auf einzelne Pflanzen zu richten und aus dem Vorkommen ihrer Formen in dem gleichen Gebiet Schlüsse zu ziehen. Ich beschränke mich auf eine kurze Schilderung der Verhältnisse, wie sie uns die Gattung Hieracium darbietet.

Es gibt in dieser Gattung einige Arten, die morphologisch isolirt sind, oder sich nur nach einer Seite hin durch Uebergänge an andere Arten anschliessen. Dieselben sind einförmig, sie zeigen auf den verschiedenen Standorten ihres grossen Verbreitungsbezirkes überall ganz die gleichen Merkmale. Hieracium staticifolium, H. albidum, H. humile (Jacquini) gehören hieher. — Als anderes Extrem gibt es Arten (im weiteren Sinne), die in eine Unzahl von kleinen Formen (schwache Varietäten, bessere Varietäten, schwache Arten) zersplittert sind und die fast auf jedem Standorte in einer etwas andern Modification auftreten. Viele dieser Formen habe ich bis jetzt nur auf einer Lokalität oder nur in einem Alpenthal oder nur auf einem Berg gefunden. Die bisherigen Arten der Autoren Hieracium glaucum, H.

[redacted]

schwarm mit einer der früher genannten gleichförmigen Arten vergleicht, so macht es ungefähr den nämlichen Eindruck, wie wenn man einen Planeten mit den zahlreichen Planetoiden, in die ein anderer Planet wahrscheinlich zerfallen ist, oder einen Cometen mit einem Schwarm von Sternschnuppen zusammenhält, in die ein anderer Comet sich aufgelöst hat. Damit will ich indess nur eine Aehnlichkeit in der Erscheinung andeuten, indem ich von der Entstehung ganz absehe.

Diese Schwärme von kleinen Formen sind für die Transmutationslehre besonders lehrreich; sie zeigen uns unwiderleglich, dass eine Veränderung seit der Eiszeit statt gefunden hat und in welcher Weise.

Schon die grosse Zahl der Formen und die Thatsache, dass jede Gegend ihre besonderen Formen hat, beweist uns, dass viele derselben später entstanden oder umgewandelt sein müssen. Bei grossen Wanderungen, wie sie der Anfang und das Ende der Eiszeit veranlassten, gehen nothwendig viele Formen zu Grunde; es wird bald die eine bald die andere in der Verbreitung der Samen zurückbleiben und aussterben. Ferner geht besonders die Wanderung von der mitteleuropäischen Ebene auf die Alpen theilweise entgegen dem bei dem Transport der Samen wirksamsten Südwestwinde; — wie sehr aber letzterer bei der Samenverbreitung massgebend ist, kann man in unserem botanischen Garten deutlich sehen. Endlich müssen bei der Wanderung und während des Aufenthaltes in der Ebene oft Formen, die früher nicht miteinander vorkamen, sich zusammen finden und sich theilweise durch den Kampf um das Dasein ver-

---

einer mehrwöchentlichen Durchforschung der Dolomite von Prags Höhlenstein und Ampezzo zwar bloss 4 Formen aus den Gruppen glaucum, bupleuroides und speciosum aufzufinden; aber alle 4 waren neu.

drängen. Wenn die zahlreichen Formen der genannten Hieraciengruppen (glaucum, bupleuroides, speciosum etc.) jetzt durch eine hereinbrechende Eiszeit gezwungen würden, in die Ebene auszuwandern, so unterliegt es keinem Zweifel, dass nicht der vierte Theil (vielleicht kaum $^1/_{10}$) wieder zurückkäme. Nun leben aber gegenwärtig so viele Formen in den Alpen, dass es undenkbar ist, es habe während der Eiszeit eine noch viel grössere Zahl in der Ebene und vor derselben eine abermals grössere Zahl in den Alpen existirt. Wir müssen daher annehmen, dass viele sich erst seit der Rückkehr auf die Gebirge gebildet haben.

Einen ungleich stärkeren Grund als die Zahl gibt uns das morphologische Verhalten dieser kleinen Formen. Viele derselben sind Cönobiten, so dass 2 bis 5 zusammen vorkommen, und stehen, wie ich nachher zeigen werde, in einer gewissen morphologischen Beziehung zu einander. Die in Geselligkeit beisammen lebenden Formen haben sich mit Rücksicht auf ihre Merkmale gleichsam gegenseitig gemodelt; sie zeigen, um mich so auszudrücken, einen specifischen Gesellschaftstypus, der für jede Gesellschaft, somit für jede Gegend ein anderer ist. Diese Thatsache zeigt unwiderleglich, dass die Formen, seit sie beisammen wohnen, sich

[redacted]

gegen sprechen. Für die Annahme, dass die geselligen Formen sich in ihren Merkmalen von einander entfernen, spricht das anderweitig bewiesene allgemeine Gesetz der Entwickelungsdivergenz, indem die mannigfaltig gegliederten und differenzirten organischen Reiche nur durch divergirende Bewegung aus den gleichartigen einzelligen Anfängen hervorgehen konnten. Aber damit wäre bloss die Wahrscheinlichkeit, nicht auch die Nothwendigkeit einer analogen Bewegung für den einzelnen Fall gegeben. Denn es wäre ja möglich, dass in der allgemeinen Strömung partielle Gegenströmungen vorkämen, dass während die Formen im Grossen und Ganzen sich von einander entfernen, einzelne sich näherten und zusammenfielen.

Für die Annahme, dass die cönobitischen Formen sich einander nähern, spricht der Umstand, dass sie im Connubium leben, und dass die fortwährend thätige Kreuzung bestrebt sein muss, sie mit einander zu vereinigen. Dieses Resultat könnte man nach der Rolle, welche die Darwin'sche Theorie der Kreuzung bei künstlicher und bei natürlicher Züchtung anweist, unter gewissen Voraussetzungen mit ziemlicher Zuversicht erwarten.

Aus dieser Ungewissheit, in welcher uns die allgemeinen Betrachtungen lassen, befreit uns die genaue morphologische Untersuchung der cönobitischen und wie ich mich ausgedrückt habe, gegenseitig gemodelten Formen. Ihr spezifischer Gesellschaftstypus besteht darin, dass sie in gewissen Merkmalen eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung zeigen, während sie in andern Merkmalen Extreme darstellen und darin zuweilen über alle in andern Gegenden vorkommenden Verwandten hinausgehen. So sind, um einige Beispiele anzuführen, Hieracium porrifolium und H. glaucum (All., nec Auct.), welche im Südtirol beisammen leben, in der Inflorescenz und im Bau der Köpfchen einander fast gleich, aber H. porrifolium hat die schmälsten, H. glaucum die breitesten

Blätter unter allen zur Gruppe glaucum gehörenden Formen. — H. poliodes und H. amaurodes, die ebenfalls zur Gruppe glaucum gehören und am Spitzingsee bei Schliersee cönobitisch sind, gleichen sich im Stengel, in den Blättern und in dem Bau der Köpfchen; aber H. poliodes zeichnet sich unter den Glaucum-Formen durch Reichthum, H. amaurodes durch Armuth an Flocken (Sternhaaren) auf dem Involucrum aus. — Die zur Gruppe bupleuroides gehörenden Formen H. glabrifolium und H. crinifolium, die auf dem Brenner im Tirol in Gesellschaft wachsen und einander sehr nahe stehen, stellen sich beide als Extreme dar, indem beim ersteren die Flocken weiter über den Stengel nach unten gehen und bei letzterem die Blätter stärker behaart sind, als bei irgend einer anderen Bupleuroides-Form. — Von den beiden ebenfalls zur Gruppe bupleuroides gehörenden und im Rheinwald in Graubünden cönobitischen Formen H. laeviceps und H. scabriceps hat letzteres ein stärker behaartes Involucrum als die übrigen Formen der Gruppe.

Aus diesen Thatsachen ergibt sich unzweifelhaft, dass die Bewegung in den cönobitischen Formen eine divergirende ist. Denn in ihnen gerade sind extreme Merkmale entwickelt, während die eremitischen Formen in ihren Merkmalen

Ich will zum Schlusse noch darlegen, wie ich mir nun Entstehung der Species auf cönobitischem Wege denke. e Pflanzenform bildet ganz leichte Abänderungen, die irlich in verhältnissmässig geringer Individuenzahl vorden sind, und wenn ihre Existensfähigkeit von der ıptform übertroffen wird, bald wieder zu Grunde gehen. ; die Abänderung dagegen einige Eigenschaften, welche bevorzugen, während sie in anderen Eigenschaften weniger ıstig ausgestattet ist, so verdrängt sie die Hauptform ilweise und erobert sich einen ständigen Platz neben . Sie besteht neben der Mutterform und gesellig mit ihr scharf geschiedene Form, indem die Zwischenglieder, die rch Kreuzung und Variation entstehen, fortwährend verıngt werden. In Gesellschaft mit der Mutterform bildet h die Tochterform weiter aus und entfernt sich in den rkmalen von derselben, indem sie anfänglich den Werth ıer beginnenden, dann einer bessern Varietät, nachher den erth einer leichten oder sogenannten schlechten, dann ıer guten Art hat. Die Mutterform selbst kann unverdert bleiben; häufiger aber geschieht es, dass sie in ren Charakteren mehr oder weniger in der entgegengetzten (von der neuen Form abgekehrten) Richtung ausicht, was durch die stätige Verdrängung der Individuen, elche der neuen Form in den Merkmalen näher stehen, wirkt wird. Dem entsprechend finden wir nicht selten ben einer allgemeiner verbreiteten Pflanzenform gesellig it ihr in einem kleinen Gebiete eine neu entstandene nahe rwandte Form, die anderswo nicht vorkommt. Das früher wähnte Hieracium holadenium denke ich mir in dieser Veise im Rheinwaldthal aus H. alpinum entstanden.

Die Species können noch auf eine andere Weise cönoitisch entstehen. Eine Pflanzenform bildet Varietäten, von enen nicht nur eine, sondern zwei sich als existenzfähig rweisen und nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin

die Mutterform an Stärke übertreffen. Die nothwendige Folge davon ist, dass sie durch gemeinsamen Kampf die Mutterform vollständig verdrängen. Man findet dann in dem Verbreitungsbezirk der Mutterform an einer Stelle statt ihrer die beiden cönobitischen Tochterformen. Die erstere stellt, als natürliche Folge des geschilderten Vorganges mehr oder weniger die Mittelform zwischen den letztern dar; doch ist sie kaum je die genaue Mittelform, wie sie etwa durch Bastardirung entstehen würde, sondern sie weicht nach irgend einer Richtung etwas aus; ein Umstand, der sie für gewisse Standorte und ganze Gebiete stärker macht als die vereinigten beiden Tochterformen.

Diese zweite Art der Speciesbildung, die man die didymogenetische nennen kann, ist von der ersten, der monogenetischen, nicht streng geschieden; es sind zwischen beiden viele allmählig abgestufte Uebergänge möglich, so dass man sich die erste als den allgemeinen, die zweite als den Grenzfall denken kann. Der didymogenetische Ursprung kommt in seiner Reinheit wahrscheinlich sehr selten vor. Hieracium villosissimum und H. elongatum, von denen ich früher gesprochen habe, dürften auf diese Weise auf der Rothwand aus H. villosum entstanden sein.

[redacted]

gesellig beisammen wohnenden Formen sind dann nicht coordinirt, was ihren Ursprung betrifft, und auch das Verhalten ihrer Merkmale zeigt deutlich, dass zwei derselben durch eine nähere Verwandtschaft verbunden sind. Wiederholt sich die Spaltung, so kommen 4 und 5 gesellige Formen vor, die von einer Urform abstammen.

Ich habe angenommen, dass bei cönobitischer Entwickelung zweier Formen die Mittelglieder, welche theils durch Variation, theils durch die fortwährende Kreuzung sich bilden müssen, verdrängt werden. Es ist dies aber keine nothwendige Bedingung; denn sowie es einerseits vorkommt, dass zwischen den zwei in den Merkmalen scharf geschiedenen Formen die Zwischenglieder gänzlich auf dem cönobitischen Standorte mangeln, so findet man anderseits, allerdings in seltenen Fällen, dass mit den extremen Formen die Zwischenformen in allen Abstufungen und in eben so grosser Individuenzahl gesellig vorkommen, — eine Thatsache, welche uns beweist, dass die Divergenz der entstehenden Species ohne Verdrängen, somit ohne Zuchtwahl wirksam sein kann.

Cönobitisch entstandene Formen können früher oder später räumlich getrennt werden und ihre specifische Ausbildung isolirt fortsetzen. Da sie jedoch unter dem Einflusse der Geselligkeit sich gebildet und ihre Eigenschaften mit Rücksicht auf einander geformt haben, so ist auch ihre fernere Vereinigung wahrscheinlich. Die Trennung wird in der Regel nur dann erfolgen, wenn klimatische Umwälzungen oder andere grosse Veränderungen in den äusseren Verhältnissen eine allgemeine Wanderung veranlassen, in seltenen Fällen auch dann, wenn durch specielle Ursachen die Wanderung oder das Aussterben einer der betreffenden Formen erfolgt.

Indem ich aus dem Vorkommen gezeigt habe, dass die Pflanzenformen meistens gesellschaftlich entstehen, schliesse ich selbstverständlich nicht aus, dass sie auch räumlich ge-

trennt sich bilden können. Die Bedingung dafür ist, dass nur eine Varietät aus einer Mutterform entstehe, und dass die letztere gänzlich verdrängt werde. Wenn dies auf verschiedenen Lokalitäten oder in verschiedenen Gebieten geschieht, so werden wahrscheinlich verschiedene mehr oder weniger von einander abweichende Formen aus der gleichen Stammform hervorgehen. Da aber gewöhnlich die Mutterform von der Tochterform nur theilweise verdrängt wird oder zwei sich duldende Tochterformen an die Stelle der Mutterform treten, so bilden sich in verschiedenen Gebieten und auf verschiedenen Lokalitäten nicht einzelne specifisch verschiedene Formen, sondern specifisch verschiedene Gesellschaften von mehreren Formen.

Die heutige Beweisführung stützt sich ausschliesslich auf die geographische Vertheilung der Pflanzenformen. Alle anderen Momente, welche bei der Theorie der Speciesbildung in Betracht kommen, die Verdrängung durch den Kampf um das Dasein, die Kreuzung, die Vererbung und die daraus hervorgehende Constanz, die individuelle Veränderlichkeit und die Häufungen der Abänderungen in einer Reihe von Generationen mussten vorerst unberücksichtigt bleiben. Jedes dieser Momente erfordert eine besondere Besprechung. Dass

Verdrängung der Pflanzenformen durch ihre Mitbewerber von C. Nägeli.[1])

Kampf um's Dasein und Verdrängung sind in den letzten Jahren vielfach besprochen worden und unter den Naturforschern, welche sich mit diesen Fragen beschäftigt haben, dürfte darüber im Allgemeinen Einstimmigkeit bestehen. Wenn namentlich von den Gegnern der Transmutationslehre beides zuweilen bestritten oder angezweifelt wird, so ist diess nur aus Unkenntniss der Thatsachen oder aus einer unrichtigen Beurtheilung derselben zu erklären.

In der That, wir mögen die Entstehung der Organismen uns denken wie wir wollen, so genügt schon eine oberflächliche Einsicht in ihre biologischen Erscheinungen, um uns zu überzeugen, dass die allseitigste und durchgreifendste Concurrenz fortwährend zwischen ihnen besteht und dass die weniger existenzfähigen der Vernichtung preisgegeben

---

1) Dieser Vortrag wurde schon im Frühjahr 1873 in der math.-phys. Classe gehalten. Er konnte damals wegen des Buchdruckerstrikes und später wegen meiner Abwesenheit, die bis in den Herbst dauerte, nicht gedruckt werden. Nachdem einmal ein Aufschub eingetreten war, wollte ich ihn erst mit einem folgenden Vortrag, welcher die Verdrängung zwischen mehr als 2 Mitbewerbern, namentlich diejenige zwischen den Gliedern einer ganzen Formenreihe behandeln soll, veröffentlichen. Da ich aber bei der Ausarbeitung dieses zweiten complicirteren und schwierigeren Theiles finde, dass noch weitere Beobachtungen auf den Standorten wünschbar sind, so will ich den ersten Theil, welcher die gewöhnlichen Fragen betreffend die Verdrängung zu erledigen im Stande sein dürfte, nicht länger zurückhalten.

sind. Schon lange hat die Pflanzengeographie erkannt, da die Vertheilung der Gewächse auf der Erdoberfläche dur einen Kampf Aller gegen Alle bedingt wird. Darwin h das grosse Verdienst die Lehre vom Kampfe ums Dase und von der Verdrängung vielfach erweitert und auf d Speziesbildung angewendet zu haben.

Die Ursache, warum dagegen oft polemisirt wird, schei mir nicht zum geringsten Theil in der Terminologie liegen. Das Wort tritt um so mehr an die Stelle d wissenschaftlichen Begriffes, in je grösseren Kreisen es si verbreitet. Kampf um's Dasein und Verdrängung si glücklich gewählte Schlagwörter, um rasch populär werden. Sie erwecken das allgemeine Interesse, indem s einen passiven und oft wenig bemerkenswerthen Vorga dramatisiren, und sie entheben von weiterem Nachdenke indem sie eine Reihe von verwickelten Thatsachen dur einen leichtverständlichen Ausdruck ersetzen. Aber sie ve anlassen auch leicht irrige Vorstellungen und in Folge dav dann Zweifel an der Sache selbst.

Besonders ist man geneigt, in dem Kampf um's Dase sich viel mehr selbständige Action zu denken, als sie de wirklichen Vorgange zukommt. Sogar im Thierreiche b

[redacted]

folgendes Gleichniss anschaulich machen. Ein Landwirth erntet von seinem Gut eine gewisse Menge von Frucht (Weizen, Erbsen etc.). Der grösste Theil davon wird verkauft oder findet eine andere Verwendung. Ein kleiner Theil wird zur Aussaat aufgehoben und zu diesem Zwecke sortirt, da der Besitzer nach rationellen Grundsätzen handelt. Es werden durch ein Sieb die grösseren Samen von den kleineren, oder durch ein anderes Mittel die schwereren von den leichteren geschieden, oder es findet nach irgend welchen anderen Merkmalen eine Auswahl des Saatgutes statt. Von den ausgesäeten Samen gehen manche früher oder später durch Thiere, durch die Unbill der Witterung u. s. w. zu Grunde. Der Rest gelangt zur Blüthen- und Fruchtbildung und liefert das Saatgut für das folgende Jahr.

Wenn man diesen Vorgang ohne weitere Vermittlung einen Kampf um's Dasein zwischen der grossfrüchtigen und kleinfrüchtigen, zwischen der schwersamigen und leichtsamigen Form nennen wollte, so wäre es gewiss ein ziemlich kühnes Bild, das man eher der Poesie als der wissenschaftlichen Prosa gestatten möchte. In der freien Natur verhält es sich nun aber gerade so, wie ich es eben für die rationell behandelte Kulturpflanze geschildert habe. Ich will zum Vergleiche eine perennirende krautartige Pflanze wählen, da sie das Mittel zwischen den einjährigen und den holzigen Gewächsen hält.

Die wildwachsende Pflanze erreiche ein durchschnittliches Alter von 20 Jahren, und jeder Stock bringe jährlich durchschnittlich 100 Samen hervor. Von 2000 Samen ist es demnach nur Einem vergönnt, aufzuwachsen und zur fruchttragenden Pflanze sich auszubilden, während 1999 umkommen müssen. Davon gehen sicher wenigstens 97 Procent (von 2000 Samen etwa 1950) zu Grunde, ohne dass irgend eine Auswahl stattfindet, indem in manchen Jahren für keinen einzigen keimenden Samen Platz ist und in den

anderen Jahren die meisten Samen auf Stellen gerathen, w
sie sich nicht entwickeln können. Diese 97 Prozente si
zu vergleichen dem Weizen, welchen der Landwirth verkau
oder in die Mühle schickt, die übrigen 3 Prozente (v
2000 etwa 50 Samen) dem Reste, aus welchem der Lan
wirth sein Saatgut auswählt. Diese 3 Prozente werden v
den natürlichen Verhältnissen, unter denen sich die Sam
befinden, gesiebt und gesichtet, bis zuletzt nur 1/20 Proze
übrig bleibt. Die anderen gehen als Samen oder Kei
pflanzen zu Grunde durch die Winterkälte, durch Frühling
fröste, durch die Trockenheit des Sommers, durch Feuchti
keit, durch Schatten und Traufe, durch Nahrungsmange
durch Krankheiten, durch Thiere u. s. w. Derjenige vo
den 2000 Samen, welcher zur blühenden Pflanze aufwächs
ist nicht etwa der bestbegabte und stärkste von alle
aber er ist existenzfähig und wir können mit Sicherheit a
nehmen, dass er so gut oder etwas besser ausgerüstet wa
als diejenigen, vielleicht nur wenigen Samen, die in de
Lage waren, mit ihm zu concurriren.

Wenn wir also für den Vorgang in der freien Nat
einen deckenden Ausdruck anwenden wollten, so müsste
wir, statt die Pflanzen und Thiere um ihr Dasein kämpfe

[redacted]

arenen und denkenden Naturforscher übereinstimmen das folgenreiche Darwin'sche Gesetz unbedingt annen. Damit ist aber bloss ein allgemeines und unimmtes Schema gegeben, welches noch verschiedene Anten über den wirklichen Verlauf und den Ausgang des cesses erlaubt.

Ueber jene allgemeinen und unbestimmten Angaben l Darwin und seine Nachfolger nicht hinausgegangen. :h denselben verdrängt die besser angepasste Lebeform unvollkommnere auf demjenigen Gebiete, auf welchem die vortheilhaftere Anpassung besitzt, wobei ausdrücklich agt oder stillschweigend vorausgesetzt wird, dass die wächere local gänzlich verschwinde, indem die stärkere e Stelle einnimmt. Nichts scheint in der That bei bloss erflächlicher Betrachtung natürlicher, als dass von zwei ıcurrirenden Formen die stärkere vollständig die schwächere rdränge. Auch gibt es gewiss manche Beispiele für ɜsen Vorgang. Dennoch ist er, soweit es sich um wirkhe nachweisbare Beispiele handelt, im Grossen und Ganzen s Ausnahmsfall zu betrachten. Allgemeine Gültigkeit be:zt er bloss für die hypothetischen nicht existenzfähigen ormen, welche in Folge der individuellen Veränderlichkeit rtwährend entstehen und auch sofort wieder untergehen ıllen.

Verwandte oder analoge Lebeformen, zwischen denen ie Mitbewerbung am intensivsten zu wirken pflegt, verrängen sich in der Regel nicht etwa so, dass jede in dem łebiete, wo sie die stärkere ist, allein übrig bleibt. Sondern ie dulden einander auf dem gleichen Standorte oder in lem nämlichen Gebiete, indem durch die Concurrenz nur las gegenseitige Zahlenverhältniss bestimmt wird. Die Verlrängung hat man sich somit im Allgemeinen nicht als eine ·otale, sondern als eine partielle zu denken. Man könnte die beiden Begriffe als Verdrängung und Be-

schränkung unterscheiden. Doch scheint es mir zw
mässiger, den Ausdruck Verdrängung für den allgemei
Begriff, dass eine Lebeform gegenüber ihren Concurren
Boden gewinnt, zu gebrauchen und demselben die v
ständige und die theilweise Verdrängung unterzuordnen.

Dass nahe verwandte Pflanzenformen bei der Mit
werbung meistens sich nicht vollständig verdrängen, d
sie vielmehr sich dulden und auf dem gleichen Stando
neben einander leben, ist eine allgemeine Thatsache, w
ich in meiner letzten Mittheilung nachgewiesen habe.
wiefern die Thatsache mit Nothwendigkeit aus den bei d
Verdrängung wirksamen Factoren hervorgehe, diess zu zeig
ist meine heutige Aufgabe.

Schon vor längerer Zeit habe ich in einer Mittheilu
an die math.-phys. Classe von der Art und Weise
sprochen, wie die Concurrenz bei den Pflanzen wirkt, u
an einem numerischen Beispiel gezeigt, wie man sich d
die vollständige Verdrängung einer Form durch eine and
nahe verwandte zu denken habe.[2]) Es war diess eine
legentliche Erörterung bei der Betrachtung des Vorkomm
von Arten und Varietäten innerhalb ihres Verbreitungs
zirkes. Die Frage, wie die Mitbewerbung und die V
drängung wirken, ist aber von so grosser Bedeutung
die Formenbildung und die systematische Gliederung
Reiche, sowie für die geographische Verbreitung, dass
eine durchgreifende und erschöpfende Behandlung verla

Ich muss gestehen, dass ich mich lange vergeblich b
mühte, zu einer befriedigenden Lösung der Frage zu
langen. Erst als ich sie mathematisch zu behandeln anf
wurde mir die Sache ganz klar. Ich werde mich

2) Sitzungsberichte vom 15. Dec. 1865. — Sachs, Lehrbuch d
Botanik 3. Aufl. p. 827.

jetzt dieser Art der Darstellung bedienen, weil sie die kürzeste und präciseste ist. Vorher aber sind die Grundlagen für den richtigen Ansatz zu gewinnen.

Die erste Voraussetzung ist natürlich die, dass die Mitbewerbung wirklich bestehe, wozu es einerseits innerhalb gewisser Grenzen gleichartiger Pflanzen, anderseits gleichartiger äusserer Verhältnisse bedarf. So können wir z. B. nicht von einer Concurrenz zwischen Baum und Moos, Baum und Flechte, zwischen Nährpflanze und Schmarotzer sprechen; wohl aber concurriren die Bäume unter einander, ebenso die krautartigen Pflanzen, die Schmarotzer, die Moose, die einzelligen Algen, die Pilze. — Was die äusseren Verhältnisse betrifft, so müssen dieselben namentlich mit Rücksicht auf Lage, Bodenbeschaffenheit und anderweitige Vegetation in einer gewissen Ausdehnung sich gleich bleiben, und dadurch einen homogenen Standort bewirken. Aber die Gleichartigkeit des Standortes hat für verschiedene Pflanzen eine verschiedene Bedeutung. Eine Oberfläche von mehreren Morgen kann für Bäume, die ihre Wurzeln weit ausbreiten, oft als homogene Lokalität gelten, während sie für krautartige Pflanzen, deren Wurzeln innerhalb des Raumes eines Quadratfusses bleiben, mehrere ungleiche Lokalitäten darbieten kann. Dasselbe Verhältniss besteht zwischen krautartiger Pflanze und Moos oder Alge.

Eine andere Voraussetzung ist die, dass die äusseren Verhältnisse während einer gewissen Dauer die nämlichen bleiben. Wäre diess nicht der Fall, würde der Standort im Laufe der Jahre sich verändern, so könnte man irriger Weise die eintretende oder ausbleibende Verdrängung auf Rechnung der Concurrenz setzen, während sie in Wirklichkeit durch die Variation der äusseren Einflüsse bedingt wäre.

Eine dritte Voraussetzung ist noch die, dass eine Pflanzenform, nachdem die gegenseitige Verdrängung zu einem Gleichgewichtszustande gelangt ist, während einer gewissen Dauer in gleichbleibender Individuenzahl auf dem

Standorte vertreten sei. Diess ist, wenn die vorhergeh Voraussetzung erfüllt ist, in der That auch immer der Fa und hängt damit zusammen, dass die ungestörte Bodenob fläche ganz mit Vegetation bedeckt ist. Jede Pflanzenfor erscheint darin in einer bestimmten, durch die Concurre geregelten Individuenzahl. Diese Zahl kann nicht zunehme denn für mehr Individuen mangelt Platz und Nahrung; s kann auch sich nicht vermindern, denn die Lücken werd sofort von den in so grosser Zahl vorhandenen Keimen, d sonst wegen Mangel an Raum dem Tode preisgegeben si ausgefüllt.[3])

Dieser Beharrungszustand war nicht von Anfang vorhanden und er muss aufhören, sowie irgend ei Aenderung in den bedingenden Verhältnissen, in der phy kalischen oder chemischen Bodenbeschaffenheit, oder i Klima oder in der Vegetation eintritt. Wenn z. B. ei neue existenzfähige Pflanzenform einwandert, so verdrän sie einen Theil der früheren Bewohner und stört das bish zwischen denselben bestandene Gleichgewicht. Nach u nach bildet sich ein neuer Gleichgewichtszustand aus, welchem jede Form mit Rücksicht auf die veränderten Ve hältnisse der Bewohner mit einer neuen, aber bis zu abe maliger Störung constant bleibenden Zahl vertreten ist.

Unter stationärem Zustand darf man sich jedoch nic vorstellen, dass die Individuenzahl einer jeden Pflanzenfor absolut gleich bleibe, sondern nur, dass sie einen constante mittleren Werth behalte, indem sie zwischen bestimmte Extremen hin und her schwankt. Diese Schwankungen i

---

3) Eine Ausnahme von der obigen Regel findet man nur da wo die Bedingungen für das Pflanzenleben sehr ungünstig werde — so an der Schneegrenze, wo die Vegetation, ehe sie ganz au hört, spärlich wird und wo der kahle Boden oft nur von einzelne weit zerstreuten Pflänzchen bedeckt ist. Dieser exceptionelle Fa würde eine besondere Betrachtung verlangen.

ler Zahl werden bedingt durch die Schwankungen in den ursächlichen Verhältnissen, namentlich durch den Wechsel der klimatisch ungleichen Jahre, wodurch bald die einen, bald die andern Pflanzenformen auf Kosten der übrigen begünstigt werden.

Die durchschnittliche Individuenzahl einer Pflanzenform auf einem Standorte drückt ihre relative Stärke gegenüber allen andern Mitbewohnern aus. Sie hängt von zwei Factoren ab, von dem durchschnittlichen Alter der Individuen und von der durchschnittlichen Anzahl von jungen Pflanzen, die jährlich aufwachsen. Wenn mit z die Individuenzahl einer bestimmten Pflanzenform auf einer bestimmten Localität, mit d die Lebensdauer in Jahren ausgedrückt, mit e der jährliche Ersatz an jungen Pflanzen bezeichnet wird, so ist

$$z = d . e.$$

Wir können daher für den Fall, dass der stationäre Zustand auf einer Localität noch nicht eingetreten ist, sofort, wenigstens im Allgemeinen bestimmen, was einer Pflanzenform bei der Concurrenz mit allen übrigen und bei der gegenseitigen Verdrängung förderlich sein und ihr eine möglichst grosse Individuenzahl verschaffen muss. Günstig wirkt Alles, was die individuelle Lebensdauer erhöht, und was die Quote in dem jährlichen neuen Aufwuchs steigert.

Mit Rücksicht auf beide Factoren kommt es eben so wohl auf die inneren Anlagen als auf die äusseren Einflüsse an. Bezüglich der inneren Anlagen sind die verschiedenen Pflanzen schon von Natur zu einem ungleichen Alter und zu ungleicher Fruchtbarkeit bestimmt, und die Keime sind in mannigfaltigen Richtungen mit ungleichen Eigenschaften ausgerüstet. Ich kann hier nicht auf Einzelheiten eingehen. Die Darlegung der von Natur gegebenen specifischen Verhältnisse und ihre Reaction auf die äusseren Einflüsse wäre eine Recapitulation der ganzen Pflanzenphysiologie.

Lebensdauer und jährlicher Ersatz bedingen sich geg seitig; sie stehen im umgekehrten Verhältniss zu einand Der Nachwuchs kann bloss die Lücken ausfüllen, welc durch die zu Grunde gehenden Pflanzenstöcke in der Ve tation sich öffnen. Diese Lücken sind natürlich um spärlicher, je älter die Stöcke werden. Bei perennirend Gewächsen wird oft Jahre lang nicht ein einziger Platz f eine junge Pflanze frei, worauf dann in einem ungünstig Jahre eine grössere Zahl von Stellen für neue Besetzu vakant wird.

Die Abgrenzung der Gebiete der beiden Factoren ve anlasst mich noch zu einer Bemerkung. Beim Mensch wird der Ersatz durch die Zahl der jährlichen Geburte ausgedrückt und die mittlere Lebensdauer von der Gebu an berechnet. Bei den Pflanzen lässt sich dieses Princ der Statistik nicht anwenden, und es können selbst nich alle Pflanzen gleich behandelt werden. Für die gros Mehrzahl unserer einheimischen Phanerogamen dürfte sich empfehlen die Ersatzperiode bis zur Blüthezeit au zudehnen und somit nur diejenigen Keimpflanzen zu de jährlichen Ersatz zu zählen, welche zur Blüthe gelange Diess gilt für alle einjährigen und unter den perenniren den für diejenigen Gewächse, welche schon im erste Jahre blühen. Für dieselben wird das Alter nach de Zahl der Blüthenjahre (d. h. der Jahre, in welchen si wirklich blühen oder nach ihrem Alter blühen könnten berechnet, und die Lebensdauer kann nie unter 1 Jah heruntergehen. Bezüglich derjenigen krautartigen Ge wächse, welche nicht schon im ersten Jahre, sondern er später blühen, dürfte es zweckmässig sein, nur diejenige Pflanzen als Nachwuchs zu zählen, welche den erste Winter überdauern; denn sie haben erst jetzt eine de übrigen Individuen einigermassen entsprechende Grös und nehmen annähernd den Raum und die Nahrungsmeng

nes Individuums in Anspruch. Für Bäume und Sträucher uss die Ersatzperiode viel weiter ausgedehnt werden.

Die Gleichung $z = d.e$ drückt die Beziehungen wischen Individuenzahl, Lebensdauer und jährlichem Ersatz iner einzelnen Pflanzenform aus und zwar unter einigen eschränkenden Bestimmungen, von denen ich später noch prechen werde. Es liesse sich nun sogleich der allgemeine 'all für eine beliebige Zahl von Pflanzenformen, die zuammen auf einem Standorte wachsen, unter Berücksichtigung .ller möglichen Verhältnisse behandeln. Doch ist dieses 'erfahren nicht nothwendig, und ich glaube im Allgemeinen in besseres Verständniss zu finden, wenn ich mit bestimmten infachen Fällen beginne. Ich werde daher zunächst nur lie Concurrenz zweier Formen behandeln. Dieses Problem st auch für die Theorie von der Speciesbildung von beonderer Wichtigkeit, wo es sich um die Verdrängung zwischen Mutter- und Tochterform handelt.

Um nun den Fall zweier mitbewerbender Pflanzenformen auf's Allereinfachste zu gestalten, will ich zuerst annehmen, dass dieselben auf einem Standort, der gar keine Vegetation trägt, zusammen kommen. Die klimatischen und die örtlichen Verhältnisse seien so beschaffen, dass jede der beiden Formen, wenn sie allein da wäre, gedeihen und den Platz ganz ausfüllen würde. Nach kürzerer oder längerer Zeit wird sich der durch die gegenseitige Stärke bedingte Gleichgewichtszustand einstellen. Jede der beiden Formen, ist dann mit einer bestimmten constant bleibenden Individuenzahl auf dem vollständig besetzten Standorte vertreten, wenn nicht etwa die eine durch die andere ganz verdrängt wird. [4])

---

4) Aus dem stationären Zustand, welcher die Folge der Concurrenz ist, kann man auf die Stärke der beiden Formen schliessen. Halten sie sich genau die Waage, so sind sie gleich stark; überwiegt die eine mehr oder weniger, so ist sie die relativ stärkere; vermag

Diesem einfachsten Falle, wie er wohl selten in d Natur vorkommt, ist ganz analog ein anderer schein complicirterer, der häufig beobachtet wird und der da besteht, dass zwei nahe verwandte Formen unter ein ganzen Vegetation von andern Pflanzen leben. Die Analog wird aus folgender Betrachtung hervorgehen. Eine Fo A befinde sich unter vielen Gewächsen, die andern Gattung und Ordnungen angehören, und sei in der durch die Co currenz bestimmten constanten Zahl Z vertreten. Es komm eine andere mit A nahe verwandte Form B (vielleicht dur Variation aus A entstanden) auf den gleichen Standorte In Folge ihrer nahen Verwandtschaft mit A macht sie gege über den Pflanzen anderer Gattungen und Ordnungen d gleichen oder nahezu gleichen Ansprüche, und concurrirt i gleicher Weise mit ihnen wie A. Die beiden Formen und B sind daher fortan zusammen annähernd in d

---

sie die andere ganz zu verdrängen, so ist sie die absolut stärker Die beiden ersten Fälle bedingen die partielle, der letzte die tota Verdrängung.

Wenn die concurrirenden Formen gleiche Individuengrö haben, so kann man die Stärke unmittelbar nach der Individuenza bemessen. Ist jede der beiden mit 50 Prozent vertreten, so sind von gleicher Stärke. Dagegen ist die mit 90 Prozent repräsentir 9 mal so stark als die mit 10 Prozent vertretene Mitbewerber Da nun sehr verwandte Formen, deren Vergleichung vorzüglich v Interesse ist, gewöhnlich auch gleiche Grösse besitzen, so lässt s bei ihnen die gegenseitige Stärke sofort aus der Zahl erkennen.

Schwieriger wird der Vergleich, wenn die beiden Pflanzen u gleich gross sind und somit einen ungleichen Raum einnehmen. D Zahl drückt jetzt nicht mehr die Stärke aus; denn man kann ei Pflanze, welche z. B. an die Stelle von drei andern tritt, die verdrängt, doch nicht jeder einzelnen dieser drei gleichsetzen. scheint nun nahe zu liegen, die Stärke einer Form nach dem Ra zu bestimmen, den ihre Individuen zusammen einnehmen. Di ist jedenfalls das richtigere Princip, wiewohl gewichtige Bedenk bestehen, ob es das absolut richtige sei. Indessen hat die Fra vorerst nur geringe Bedeutung und mag daher unentschieden bleib

gleichen Individuenzahl Z vertreten, welche früher der allein vorhandenen Form A zukam. Es besteht also eine gemeinsame Concurrenz der Formen A und B gegenüber allen andern Pflanzen. Aber sie concurriren auch unter sich, und bei diesem internen Process sind sie allein betheiligt, als ob die beiden Formen wie in dem vorher erwähnten Falle allein den Standort bewohnten. Nach ihrer gegenseitigen Stärke theilen sie sich in die Gesammtindividuenzahl Z, so dass wenn ihre respectiven Zahlen mit z und z_1 bezeichnet werden, $z + z_1 = Z$ ist. Bei gleicher Stärke von A und B ist $z = z_1$; bei relativ ungleicher Stärke ist $z \gtrless z_1$; bei absolut ungleicher Stärke wird z oder z_1 gleich Null, d. h. gänzlich verdrängt.[5])

---

5) Die Gleichstellung der beiden nahe verwandten Formen in der Mitbewerbung gegenüber allen andern Pflanzen ist von grosser Wichtigkeit für die folgende Deduction, so dass ich ihr noch eine Begründung beifügen muss, um so mehr als jene Gleichstellung im Widerspruche zu stehen scheint mit der Annahme, dass unter den Nächstverwandten die Concurrenz am intensivsten wirke. Diess ist aber nur ein scheinbarer Widerspruch.

Zwei Varietäten einer Art können gegenüber allen andern Pflanzen in ganz übereinstimmender Weise concurriren, und dennoch einander so feindselig sein, dass eine die andere gänzlich verdrängt. Es verhält sich eben mit den physiologischen, bei der Mitbewerbung wirksamen Eigenschaften wie mit den morphologischen, bei der systematischen Unterscheidung massgebenden Merkmalen. In beiden Beziehungen stimmen zwei Varietäten einer Art rücksichtlich einer Gruppe von Eigenschaften überein, die sie von andern Arten und Gattungen unterscheiden, während sie in einer ganz bestimmten Sphäre, die nur sie allein angeht, von einander abweichen. Als Theorie dürfte diese Behauptung unanfechtbar sein. Sie wird aber auch durch die Beobachtung vollständig bestätigt. Den schönsten Beweis geben die prosöcischen (oder vikarirenden) Varietäten und nächstverwandten Species (vgl. Mittheilung vom 15. Dez. 1865). Ist nur eine derselben (A) in einem Gebiete vorhanden, so nimmt sie einen gewissen Raum in der Vegetation ein. Kommt die andere (B) hinzu, so theilen sich beide in den Raum, indem A sich

Wenn wir nun ferner durch d und d_1 die Lebensdau und durch e und e_1 den jährlichen Ersatz an jung Pflanzen bei den beiden Formen ausdrücken, so hätten w nach Analogie der früher für eine einzige Form festgestellte Beziehung die neue Gleichung

$$z + z_1 = d \cdot e + d_1 \cdot e_1.$$

Aber diese Gleichung gilt nur für den stationär ge wordenen Zustand, nachdem die beiden Formen durch di gegenseitige Concurrenz in's Gleichgewicht gekommen sind und entspricht daher nicht unserem Zwecke.

Es handelt sich für uns um die Frage, welchen Ver lauf der Verdrängungsprozess nehme, mit anderen Worten welche Veränderungen in den beliebig angenommenen Individuenzahlen eintreten, wie sie auf einander folgen, und zu welchem Beharrungszustand sie gelangen, wenn für die Lebensdauer und für die Ersatzverhältnisse der beiden Formen bestimmte Annahmen gemacht werden. Diesem

---

auf den einen Standorten behauptet und B dessen Stelle auf den andern Standorten einnimmt. Damit stimmen die Thatsachen betreffend das Vorkommen der synöcischen Formen überein. In zahlreichen Fällen habe ich beobachtet, dass, wenn unter übrigens ganz gleichen Verhältnissen eine Hieracienform an einem Ort allein, an andern nahegelegenen Orten mit 1, 2 oder mehreren nächst verwandten Formen vorkommt, die Gesammtindividuenzahl ungefähr die näm liche bleibt, dass also eine Form um so weniger zahlreich vertreten ist, mit je mehr nahe verwandten Formen sie den Standort bewohnt. Ich will übrigens nicht etwa behaupten, dass zwei nahe verwandte Formen in der Concurrenz sich genau oder mathematisch gleich verhalten, wie eine derselben allein, was natürlich eine principielle Unmöglichkeit ist. Aber ihre Ansprüche im Gegensatze zu andern Gattungen und Ordnungen sind so ähnlich, dass die Differenz gegen über allen andern Factoren, welche Einfluss auf die Verdrängung haben, verschwindet, und dass man somit in der Praxis die Wirkungen der beiden Formen als identisch betrachten kann.

Zwecke entspricht die für alle Stadien des Verdrängungsprocesses gültige Gleichung

$$\text{I)} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = e + e_1$$

$\frac{z}{d}$ drückt den jährlichen Verlust der Form A, $\frac{z_1}{d_1}$ denjenigen der Form B aus, $\frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1}$ den Gesammtverlust der beiden Formen. Diesem Gesammtverlust steht gegenüber der gesammte jährliche Nachwuchs $e + e_1$. Die Gleichung giebt uns somit eine Jahresbilanz über die numerischen Verhältnisse von A und B, indem links vom Gleichheitszeichen der Verlustconto, rechts der Ersatzconto steht. Beide sind einander gleich, weil die Lücken, die fortwährend durch den Tod einzelner Individuen von A und B entstehen, sofort wieder ausgefüllt werden durch junge Pflanzen der beiden Formen.

In der obigen Gleichung I sind z und z_1 veränderliche Grössen, indem die Individuenzahlen der beiden Formen in umgekehrtem arithmetischem Verhältnisse ab- und zunehmen, bis sie in's Gleichgewicht und damit zu einem Beharrungszustande gekommen sind. d und d_1 sind constante Grössen, indem nach der Annahme die Lebensdauer durch unveränderliche Factoren, nämlich durch die angeborenen morphologischen und physiologischen Eigenschaften und die äusseren Einflüsse des Standortes (Boden, Lage, Klima, Pflanzen- und Thierwelt) bestimmt ist. e und e_1 sind veränderlich, aber mit constantem gegenseitigem Verhältniss. Der Gesammtersatz $(e + e_1)$ verändert sich mit dem Gesammtverluste, welcher mit den wechselnden Werthen von z und z_1 entweder grösser oder kleiner wird. Aber in den variabeln Gesammtersatz theilen sich die beiden Formen nach einem constant beibenden Verhältniss $e : e_1$, welches durch

die nämlichen unveränderlichen Factoren wie die Werthe von d und d_1 bedingt wird.

Es ist kaum nöthig, besonders hervor zu heben, dass alle in der Gleichung erscheinenden Grössen nur die Bedeutung von mittleren Werthen haben, indem sie innerhalb gewisser Grenzen hin- und herschwanken. Die einzelnen Pflanzen der gleichen Form erreichen ein ungleiches Alter, und das durchschnittliche Alter stellt sich bald höher bald niedriger. Der Gesammtverlust kann in einzelnen Jahren sehr bedeutend und in anderen verschwindend klein sein; er wird bald mehr von der einen, bald mehr von der anderen Form getragen. Ebenso ist beim Ersatze bald die eine, bald die andere Form begünstigt. In Folge dieser Umstände entfernen sich auch die Individuenzahlen z und z_1 mehr oder weniger von ihren mittleren Werthen. Auch die Gesammtzahl Z (oder die Summe $z + z_1$) kann beträchtliche Schwankungen zeigen, indem das eine Mal die Lücken in den Formen A und B theilweise durch andere Pflanzen, das andere Mal die Lücken in der übrigen Vegetation theilweise durch die Formen A und B ausgefüllt werden können. Alle diese Abweichungen von den Mittelwerthen werden verursacht durch die ungleichen klimatischen und Bodenverhältnisse der verschiedenen Jahre. Die Gleichung wird daher um so richtiger, je länger der Zeitabschnitt ist, auf den sie angewendet wird.

Aus der Gleichung I ersehen wir sogleich, dass wenn in dieselbe für d, d_1 und für das Verhältniss von e zu e_1 bestimmte numerische Werthe eingeführt und dann auch für z und z_1 beliebige Zahlenwerthe angenommen werden, die letzteren im Allgemeinen sich verändern, sowie die Gleichung durch eine Reihe von Jahren zur Geltung kommt. Mit andern Worten, wenn zwei Pflanzenformen, jede von bestimmter Lebensdauer der Individuen und jede mit einer bestimmten Ersatzquote zur Deckung des Gesammtverlustes

berechtigt, in irgend einer Individuenzahl auf einem Standorte zusammenkommen, so erfährt im Laufe der Jahre die Zahl der einen eine Vermehrung, die der andern eine Verminderung, und diess dauert solange, bis der Beharrungszustand erreicht ist. Dieser Zustand aber ist gegeben, wenn die Quote an dem Gesammtverlust für jede der beiden Formen gleich ist ihrer Quote an dem Gesammtersatz, also wenn

$$\frac{z}{d} = e \text{ und } \frac{z_1}{d_1} = e_1.$$

Man sieht leicht ein, dass es vollkommen gleichgültig ist, in welcher Individuenzahl jede der beiden Formen A und B anfänglich vertreten sei. Das schliessliche Resultat bleibt immer dasselbe; es tritt bloss das eine Mal früher, das andere Mal später ein.

Aus der Gleichung I lässt sich ferner sofort entnehmen, welche der beiden Formen ihre Zahl vermindern oder vermehren wird. Eine Zunahme von z und eine Abnahme von z_1 wird erfolgen, wenn $\frac{z}{d} < e$ oder $z < d.e$, also wenn $\frac{z_1}{d_1} > e_1$ oder $z_1 > d_1.e_1$.

Es versteht sich, dass die Gleichung in der gegebenen Form nur richtig ist, wenn die Individuen der beiden Formen einen gleich grossen Raum einnehmen, was allerdings im Allgemeinen der Fall ist, da es sich nur um sehr nahe verwandte Formen handelt. Würden sie einen ungleichen Raum einnehmen, so müsste diess durch einen das Verhältniss ausdrückenden Coeffizienten in Rechnung gebracht werden.

Für den mathematisch weniger orientirten Leser will ich ein Beispiel in Zahlen ausführen. Die mittlere Lebensdauer der Form A betrage 10 Jahre, die der Form B

20 Jahre, also $d = 10$ und $d_1 = 20$. Der Gesammtve lust werde zu $^1/_6$ von A, zu $^5/_6$ von B gedeckt, so da auf 5 junge Pflanzen der Form B immer nur 1 der Form aufwächst, also $e_1 = 5e$. — Unter diesen Bedingungen i der stationäre Zustand erreicht, wenn $\frac{z}{10} = e$ und oder, was das Nämliche ist, $\frac{Z-z}{20} = 5e$. Daraus fol $\frac{z}{10} = \frac{Z-z}{5.20}$ und ferner $z = \frac{Z}{11}$ und $z_1 = \frac{10\,Z}{11}$. Mi Worten, die Veränderung in den numerischen Verhältniss der beiden Formen hört auf, wenn A mit $^1/_{11}$ und B mi $^{10}/_{11}$ der Gesammtindividuenzahl vertreten ist. Beträgt di letztere 1000, so treffen im Mittel 91 Individuen auf A 909 auf B. Fortan verliert A im Jahr durchschnittlich 9 B dagegen 45 Pflanzen und die nämlichen Ziffern gebe auch den jährlichen Nachwuchs von A und B an.[6])

Wäre in Folge irgend eines Ereignisses die Individuen zahl der beiden Formen A und B einmal gleich, z. B. j 500, so würde die Veränderung sogleich und zwar in folgen der Weise beginnen. Im ersten Jahre beträgt der Verlus von A $\frac{500}{10} = 50$, der von B $\frac{500}{20} = 25$. Der Gesammt verlust von 75 Pflanzen wird durch die Form A mit $\frac{75}{6} = 12,$ und durch die Form B mit $\frac{5.75}{6} = 62,5$ Individuen er setzt. Die Individuenzahl von A ist somit nach einem Jahr

6) Wenn in einem andern Falle $d = 15$, $d_1 = 8$, $e_1 = 10$ und $Z = 1000$, so wird im stationären Zustande $z = 157,$ $z_1 = 842,1$, $e = 10,53$ und $e_1 = 105,3$.

Wenn in einem dritten Beispiel $d = 60$, $d_1 = 10$ $e_1 = \frac{2e}{5}$ und $Z = 1000$, so wird im Beharrungszustande $z = 60$ und $z_1 = 400$, $e = 10$ und $e_1 = 4$.

von 500 auf 462,5 gesunken, die von B von 500 auf 537,5 gestiegen. Im zweiten Jahr beträgt der Verlust von A $\frac{462,5}{10} = 46,2$ und derjenige von B $\frac{537,5}{20} = 26,9$.

Der Gesammtverlust von 73,1 wird durch A mit $\frac{73,1}{6} = 12,2$ und durch B mit $\frac{5 . 73,1}{6} = 60,9$ gedeckt, und die Zahl von A hat sich nach 2 Jahren weiter auf 428,5 vermindert, diejenige von B auf 571,5 gesteigert.

In dieser Weise setzt sich die Abnahme der Individuenzahl von A und die Zunahme von B fort, bis der Beharrungszustand erreicht ist. Ich führe beispielsweise den Bestand für einige Jahre an. Es ist

im Anfange	$z = 500$	z_1	$= 500$
nach dem 1. Jahr	„ $= 462,5$	„	$= 537,5$
„ „ 2. „	„ $= 428,5$	„	$= 571,5$
„ „ 3. „	„ $= 397,5$	„	$= 602,5$
„ „ 4. „	„ $= 369,4$	„	$= 630,6$
„ „ 10. „	„ $= 247,3$	„	$= 752,7$
„ „ 11. „	„ $= 233,0$	„	$= 767,0$
„ „ 20. „	„ $= 150,8$	„	$= 849,2$
„ „ 21. „	„ $= 145,3$	„	$= 854,7$
„ „ 30. „	„ $= 113,6$	„	$= 886,4$
„ „ 31. „	„ $= 111,5$	„	$= 888,5.$

Die Abnahme von z und die Zunahme von z_1 wird von Jahr zu Jahr geringer, und es würde eine sehr lange Zeit erfordert, bis bei mathematischem Verlaufe die stationären Zahlen von 91 und 909 erreicht wären. In der Wirklichkeit werden wegen der numerischen Schwankungen die letzten zahlreichen kleinen Etappen rasch übersprungen. — Wegen dieser jährlichen Schwankungen wäre es auch richtiger und überzeugender, wenn statt der Jahre Perioden von

Jahren, z. B. Decaden, in die Rechnung eingeführt wü
Ich habe, um die Sache nicht complicirter zu machen
von abgesehen.

Noch anschaulicher wird die partielle Verdrän
wenn anfänglich der Standort bloss mit Individuen der
Form besetzt ist, und dann auf einmal eine hinreic
Menge von Samen der andern Form hingelangt.
hat dann

Jahr	Zahl von A	Verlust	Ersatz	Zahl von B	Verlust	Er
0	1000			0		
		100	16,7		0	83,[illegible]
1	916,7			83,3		
		91,7	16,0		4,2	79,[illegible]
2	841,0			159,0		
		84,1	15,3		7,9	76,7
3	772,2			227,8		
4	709,8			290,2		
5	653,1			346,9		
6	601,6			398,4		
7	554,7			445,3		
8	512,2			487,8		

etc.

Jahr	Zahl von A	Verlust	Ersatz	Zahl von B	Verlust	Er
0	0			1000		
		0	8,3		50	41,7
1	8,3			991,7		
		0,8	8,4		49,6	42,[illegible]
2	15,9			984,1		
		1,6	8,5		49,2	42,[illegible]
3	22,8			977,2		

In dem ersten dieser beiden Fälle ist anfänglich b
A vorhanden und zwar in 1000 Individuen. Seine

ermindert sich nach dem Hinzutreten von B stetig, bis sie uf 91 zusammengeschmolzen, indess sich B gleichzeitig vermehrt, bis die Zahl 909 erreicht ist. — In dem zweiten alle hat zuerst B den Standort inne, und wird durch das inzukommende A nach und nach theilweise verdrängt, bis ie nämlichen stationär bleibenden Zahlen (91 für A und 09 für B) eingetreten sind.

In dem eben angegebenen Beispiele ist e_1 eine höchst infache Function des ersten Grades von e. Die Beziengen zwischen zwei concurrirenden Formen sind aber so omplicirt, dass sie oft durch eine zusammengesetztere und inem höheren Grade angehörende Function auszudrücken ein werden. Ich will noch ein solches Beispiel anführen. Es sei $d = 8$, $d_1 = 25$, $e_1 = \frac{e^2 - e + 5}{2}$ und $Z = 1000$, o ergibt die Rechnung für den stationären Zustand $z = 70{,}7$ nd $z_1 = 929{,}3$. In diesem Falle ist also die partielle Verdrängung vollendet, und ein dauernder Zustand erreicht, venn die Form A in der Individuenzahl 71 und die Form B n der Zahl 929 vorhanden ist. Der jährliche Verlust und Ersatz betragen nun im Mittel 9 Individuen für A und 37 ür B.

Wäre auf dem Standorte einmal bloss die Form A vorhanden (also $z = 1000$ und $z_1 = 0$) und es würde plötzlich eine hinreichende Menge Samen der Form B hergeführt, so würde der Verlust von A, welcher jährlich im Mittel 125 Pflanzen beträgt, sofort durch 15 Individuen der Form A und 109 von B ersetzt, und es wäre im folgenden Jahre, als Anfang der partiellen Verdrängung, $z = 890$ und $z_1 = 110$.

Wenn umgekehrt einmal nur die Form B sich auf der betreffenden Localität befände (also $z = 0$ und $z_1 = 1000$) und es kämen Samen von A in ausreichender Menge hin, so würde der bisherige Verlust von B, der sich auf 40 Indi-

viduen beläuft, im ersten Jahre durch 8,2 von A, und dur
31,8 von B ersetzt, und es wäre als erste Stufe der thei
weisen Verdrängung $z = 8{,}2$ und $z_1 = 991{,}8$.

Die Gleichung I gestattet mathematisch bloss eine par tielle, keine totale Verdrängung, denn man mag für d und d jeden beliebigen möglichen Werth (d. h. jeden positiven u reellen Werth grösser als 1) und für $\frac{e}{e_1}$ jede beliebig mögliche (d. h. positive und reelle) Grösse setzen, so erhäl man für z und z_1 immer positive und reelle Zahlen.[7] Anders verhält es sich mit der physischen Verdrängung dieselbe wird leicht total, wenn z oder z_1 im stationäre Zustande eine sehr kleine Grösse darstellt. Wenn z. B. de Form A auf einem Standorte eine mittlere Individuenzah von 992, der Form B eine solche von 8 der Concurren nach zukommt, so wird die letztere früher oder späte gänzlich verdrängt. Denn in Folge der unvermeidliche Schwankungen steigt die Zahl von B das eine Mal a 14 und 15; ein anderes Mal sinkt sie auf 2 und 1 herab und jetzt darf nur irgend ein ungünstiger Zufall dazwische kommen, um sie ganz auszutilgen. Es können auch be

7) Bei einer theoretisch mathematischen Behandlung de Gleichung I kann man natürlich für das Verhältniss e zu e_1 jede beliebigen Werth einsetzen und man erhält für den Beharrungszu stand von z und z_1 immer bestimmte Werthe. In unserem Fall aber sind die Annahmen durch die thatsächlich gegebenen Be dingungen eingeengt. Der jährliche Ersatz (e und e_1) muss durch gan positive Zahlen gegeben sein, die Summe des Ersatzes ($e + z_1$) mus der Summe des Verlustes $\left(\frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1}\right)$ gleich sein, der Werth von (ebenso derjenige von z_1) muss zwischen 0 und Z liegen. Ich hab diess als selbstverständlich vorausgesetzt und es unterlassen, bei de Gleichung I, sowie bei den folgenden allgemeinen Gleichungen di Bedingungsgleichungen für die Grenzen anzugeben, innerhalb welche die Verdrängung möglich erscheint.

:inen Individuenzahlen die Schwankungen nach unten bis
ıll selbst gehen; es können die wenigen der betreffenden
ırm angehörenden Pflanzen alle von den gleichen, die Schwank-
gen bedingenden klimatischen Einflüssen vernichtet werden.

Da $z = d . e$, so wird die kleine Individuenzahl des
.tionären Zustandes bedingt entweder zugleich durch eine
ringe Lebensdauer und einen geringen jährlichen Ersatz
er durch einen äusserst geringen Ersatz bei nicht über-
issiger Lebensdauer. Ist $d = 50$, $d_1 = 3$ und $e_1 = \frac{e}{15}$,
kommen auf 1000 Individuen von A bloss 4 von B.
t $d = 30$, $d_1 = 10$ und $e_1 = \frac{e}{100}$ (der Nachwuchs
n B mangelt fast gänzlich), so gehen auf 900 Individuen
r Form A bloss 3 der Form B. Wenn es sich aber um
e Concurrenz zweier nahe verwandter Formen handelt,
ist nicht sehr wahrscheinlich, dass dieselben sich rück-
chtlich der Lebensdauer und rücksichtlich des Nachwuchses
der Weise ungleich verhalten, wie es erfordert wird, um
e gänzliche Verdrängung der einen zu verursachen. Unter
n für die Gleichung I gemachten Voraussetzungen wird
so im Allgemeinen nur eine partielle Verdrängung ein-
eten.

Die Gleichung I beruht auf gewissen Voraussetzungen,
elche sicher oft, aber jedenfalls nicht immer erfüllt sind.
ie bestehen darin, dass die Lebensdauer der beiden
ormen und das Verhältniss ihrer Ersatz-
uoten bloss von den constant angenommenen
ıneren Anlagen und äusseren Einflüssen ab-
ängen, dass die Werthe von d und d_1, e und e_1 unabhängig
n einander und von z und z_1 seien. Die Pflanzen der
orm A erreichen somit auf dem betreffenden Standort ein
eichbleibendes mittleres Alter, ob sie selber und diejenigen

der Form B in grösserer oder geringerer Menge vorha seien. Ebenso bleibt der relative Ersatz für A und B nämliche, welches auch die Individuenmengen und die viduelle Lebensdauer dieser beiden Formen seien. möchte vielleicht geneigt sein anzunehmen, dass die M der Samen oder Keime und demgemäss die Menge Pflanzen nothwendig auf den Ersatz massgebend einwi müsse. Diess ist jedoch nicht der Fall, wenn die Sa in grossem Uebermass erzeugt werden. Wenn z. B. jähr bloss für 10 neue Pflanzen Raum ist, so vertheilen dieselben nach dem gleichen Verhältniss auf die Forme und B, ob von A 5000 und von B 100000 oder umgek von A 100000 und von B bloss 5000 Samen zur Disposi stehen, ob somit B in grosser und A in geringer Individu zahl vertreten sei oder umgekehrt.

Die genannten Annahmen gelten aber nicht für Fälle. Es ist einmal denkbar, dass *die Lebensda in gewisser Abhängigkeit stehe von der In viduenzahl der eigenen oder der concurrir den Form.* Wenn sie bloss von der Zahl der eigen Form modificirt wird, so haben wir die allgeme Gleichung

$$\frac{z}{f\left(\partial, \frac{z}{Z}\right)} + \frac{z_1}{\varphi\left(\partial_1, \frac{z_1}{Z}\right)} = e + e_1.$$

Die Lebensdauer der Individuen, welche in der Gleichu mit den constanten Werthen d und d_1 erscheint, ist h eine Function einer in jedem einzelnen Fall constan Grösse (∂ und ∂_1), welche alle inneren und äusse Momente begreift, die auf das Alter Einfluss haben, einer in jedem einzelnen Falle variabeln (z und z_1), ind die Individuenzahl bis zum Eintritt des stationären Zusta sich verändert. Dadurch, dass die Lebensdauer von Individuenzahl abhängig ist, wird sie bald erhöht, bald

niedrigt. $f\left(\delta, \frac{z}{Z}\right)$ ist also bald grösser bald kleiner als das d der Gleichung I. Beides muss in Wirklichkeit eintreten können. Wenn z. B. ein nothwendiger Nährstoff in geringer Menge vorhanden ist, so muss er, wenn die Zahl der Individuen zunimmt, deren Alter vermindern. Ein schädlicher Einfluss dagegen, dessen Quantität und Intensität gleich bleibt, wird bei Zunahme der Individuenzahl günstig auf die Lebensdauer einwirken, weil er jetzt bei grösserer Vertheilung jedes einzelne Individuum weniger affizirt.

Zunächst will ich einige bestimmte Functionen in die allgemeine Gleichung einführen. Da das wissenschaftliche Publikum, welches sich für die Verdrängung interessirt, ein sehr ungleiches mathematisches Verständniss besitzt, so hielt ich es für zweckmässig in verschiedenen Beispielen den Einfluss der Grösse z auf die Grösse d und die Wirksamkeit der Gleichung deutlich zu machen. Der Leser wird sie nach Belieben als überflüssig überschlagen, indem sie für diesen Zweck mit kleinerer Schrift gedruckt sind.

Ich bemerke hiezu, dass die Ausdrücke für die Lebensdauer $f\left(\delta, \frac{z}{Z}\right)$ und $\varphi\left(\delta_,, \frac{z_,}{Z}\right)$ in der Form von Producten $\delta\, f\left(\frac{z}{Z}\right)$ und $\delta_,\, \varphi\left(\frac{z_,}{Z}\right)$ gegeben sind. Es schien mir diess der Natur der Sache am meisten angemessen. Auch dient es zur leichteren Vergleichung mit der Gleichung I, indem, wenn der eine Factor der Producte, welcher z oder $z_,$ enthält, $= 1$ wird, der andere Factor δ oder $\delta_,$ in die Grösse d oder $d_,$ jener Gleichung übergeht.

Ich bemerke ferner, dass die Individuenzahl in dem Ausdrucke für die Lebensdauer immer als $\frac{z}{Z}$ oder auch als $\frac{Z}{z}$ erscheint. Diess ist nothwendig, um die letztere von Z unabhängig zu machen. Wären lediglich z und $z_,$ in die Gleichung eingeführt, so würde das Alter der Individuen mit der Grösse von Z, also auch mit der Grösse des Standortes sich verändern, was natürlich unstatthaft ist. — Um diess zu vermeiden, könnte man unter z und $z_,$ auch Procentzahlen verstehen, so dass immer $z + z_, = Z = 100$. Ich glaubte, dass es manchem Leser anschaulicher wäre, wenn für z und $z_,$ unmittelbar jede beliebige Zahl gesetzt werden kann.

Die Gleichungen, welche als Beispiele für die allgemei Gleichung II und für die folgenden allgemeinen Gleichungen a geführt werden, sind meistens solche des zweiten, einige auch d dritten, oder eines höheren Grades, bieten aber der Lösung kei besonderen Schwierigkeiten. Die schwierigeren verlangen die A wendung der Cardanischen Regel.

$$1) \qquad \frac{z}{\delta\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right)} + \frac{z_,}{\delta_,\left(1-\frac{m_,\,z_,}{Z}\right)} = e + e_,$$

m und $m_,$ sind Constanten mit positivem Vorzeichen; $\frac{m\,z}{Z}$ und $\frac{m_,\,z_,}{Z}$ müssen kleiner als 1 sein Der stationäre Zustand i erreicht, wenn

$$\frac{z}{\delta\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right)} = e \text{ und } \frac{z_,}{\delta_,\left(1-\frac{m_,\,z_,}{Z}\right)} = e_,$$

Setzen wir $\delta = 72$, $\delta_, = 36$, $m = \frac{5}{6}$, $m_, = \frac{5}{9}$, $Z = 10$ und $e_, = 8\,e$, so erhält man nach Ausführung der Rechnun folgende Werthe[8]) $z = 252$, $z_, = 748$, $\delta\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right) = 56{,}8$ $\delta_,\left(1-\frac{m_,\,z_,}{Z}\right) = 21{,}04$, $e = 4{,}43$ und $e_, = 35{,}54$. Mit Worte im Beharrungszustande ist die Lebensdauer bei der Form A, welc ohne Einfluss von z 72 Jahre betrüge, nun auf 57, diejenige bei d Form B ist von 36 auf 21 vermindert. Die Individuenzahlen v A und B, welche ohne den Einfluss von z und $z_,$ 200 und 800 be tragen würden, belaufen sich nun auf 252 und 748. Der jährlich Nachwuchs von A und B, der sonst 2,78 und 22,22 wäre, ist jetz 4,43 und 35,54.

Ist die Form A einmal allein in der Zahl von 1000 Pflanz vorhanden, so sinkt die Lebensdauer auf 12 Jahre, und es beträg der jährliche Verlust und ebenso der Ersatz 83,33, welcher ohn den Einfluss von z bei einer Lebensdauer von 72 Jahren 13,9 be trüge. Wenn nun plötzlich eine hinreichende Menge Samen de

8) Die Gleichung als solche des zweiten Grades gibt für und $z_,$ je zwei Werthe, einen positiven und einen negativen, vo denen nur der erste brauchbar und möglich ist.

Form B auf den Standort von A gelangt, so wird im nächsten Jahre der Verlust, welcher 83,33 beträgt, durch 9,26 von A und 74,07 von B ersetzt, und die erste Stufe in der beginnenden Veränderung zeigt uns 926 Individuen der Form A und 74 der Form B, während ohne die Einwirkung von z auf die Lebensdauer der Verlust 13,9 durch A mit 1,5 und durch B mit 12,4 ersetzt würde, so dass nach dem ersten Jahre die Individuenzahlen von A und B 987,6 und 12,4 betrügen.

Machen wir die gleiche Annahme für die Form B, so erhalten wir bei einer Individuenzahl von 1000 eine Lebensdauer = 16 und einen jährlichen Verlust = 62,5 und im ersten Jahre nach der Einwanderung von A eine Individuenzahl von B = 993 und von A = 7, während ohne die Einwirkung von z, auf das Alter bei einer Individuenzahl von 1000 und einer Lebensdauer von 36 Jahren der jährliche Verlust 27,9 und im ersten Jahre nach dem Eindringen von A die Individuenzahlen 997 und 3 wären.

Die Lebensdauer bei der Form A sei ferner $\dfrac{\delta}{1+\dfrac{m\,z}{Z}}$ und diejenige bei der Form B $\dfrac{\delta_{,}}{1+\dfrac{m_{,}z_{,,}}{Z_1}}$ so hat man die Gleichung

$$2)\qquad \frac{z}{\dfrac{\delta}{1+\dfrac{m\,z}{Z}}} + \frac{z_{,}}{\dfrac{\delta_{,}}{1+\dfrac{m_{,}z_{,}}{Z}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = 1/2$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande die Lebensdauer von A = 10,3 (statt 15) und diejenige von B = 5,6 Jahre (statt 8), die Individuenzahl von A = 154 (statt 158), die von B = 846 (statt 842), der jährliche Ersatz von A = 15 (statt 10,5) und der von B = 150 (statt 105).[9])

$$3)\qquad \frac{z}{\delta\sqrt{\dfrac{z}{Z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\dfrac{z_{,}}{Z}}} = e + e_{,}$$

---

9) Die in ( ) eingeschlossenen Werthe beziehen sich, wie auch in der Folge, auf den Fall wo die Function von δ und z constant geworden und die Gleichung II in die Gleichung I übergegangen ist.

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $Z = 1000$ und $e_, = 10e$, so ist i
Beharrungszustande d (Lebensdauer bei der Form A) = 2,
(statt 15), $d_,$ (Lebensdauer bei B) = 7,86 (statt 8), z = 34 (statt 15
$z_, = 966$ (statt 842), e = 12,3 (statt 10,5) und $e_,$ = 1
(statt 105).

4)
$$\frac{z}{\delta \frac{Z}{10z}} + \frac{z_,}{\delta_, \frac{Z}{10z_,}} = e + e_,$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$ und $e_, = 10e$, so wird im stationär
Zustande d = 5 Jahre (statt 15), $d_, = 1,16$ (statt 8), z = 3
(statt 158), $z_, = 700$ (statt 842), e = 60 (statt 10,5) und $e_,$ = 6
(statt 105). Hier ist die Form B durch den Einfluss der Individue
zahl auf das Alter fast einjährig geworden, indem unter 100 Ind
viduen z. B. 84 einjährige und 16 zweijährige sich befinden.

5)
$$\frac{z}{\delta\left(1+\frac{m\,z}{Z}\right)} + \frac{z_,}{\delta_,\left(1+\frac{m_,\,z_,}{Z}\right)} = e + e_,$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 6$, $m = {}^4/_5$, $m_, = 5$, $Z = 1000$ un
$e_, = 8e$, so wird im Gleichgewichtszustande d = 16,2 (statt 1
$d_, = 34,35$ (statt 6), z = 55 (statt 238), $z_, = 945$ (statt 76
e = 3,4 (statt 15,9) und $e_, = 27,5$ (statt 127).

6)
$$\frac{\frac{z}{\delta}}{1-\frac{m\,z}{Z}} + \frac{\frac{z_,}{\delta_,}}{1-\frac{m_,\,z_,}{Z}} = e + e_,$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $m = 1$, $m_, = {}^1/_4$, $Z = 1000$ un
$e_, = 10e$, so wird im Beharrungszustande d = 17,6 (statt 15
$d_, = 10,2$ (statt 8), z = 148,5 (statt 158), $z_, = 851,5$ (statt 842
e = 8,4 (statt 10,5) und $e_, = 83,8$ (statt 105).

7)
$$\frac{z}{\delta \sqrt{\frac{Z}{z}}} + \frac{z_,}{\delta_, \sqrt{\frac{Z}{z_,}}} = e + e_,$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $Z = 1000$ und $e_, = 10e$, so wird i
stationären Zustande d = 30, $d_, = 9,2$, z = 246,7 (statt 15
$z_, = 753,3$ (statt 842), e = 8,2 (statt 10,5) und $e_, = 82$ (statt 10

8)
$$\frac{z}{\delta \frac{Z}{z}} + \frac{z_,}{\delta_, \frac{Z}{z_,}} = e + e_,$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $Z = 1000$ und $e_, = 10e$, so wird i
Beharrungszustande d = 49,7, $d_, = 11,5$, z = 302 (statt 15
$z_, = 698$ (statt 842), e = 6,1 (statt 10,5) und $e_, = 61$ (statt 10

$$9)\qquad \frac{z}{\delta\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right)}+\frac{z_{,}}{\delta_{,}\left(1+\frac{m\,z}{Z}\right)}=e+e_{,}$$

Wenn $\delta = 12$, $\delta_{,} = 8$, $m = \frac{9}{10}$, $m_{,} = 9$, $Z = 1000$ und $e_{,} = \frac{2e}{5}$, so wird im stationären Zustande $d = 6{,}6$ (statt 12), $d_{,} = 16{,}5$ (statt 8), $z = 500$ (statt 909), $z_{,} = 500$ (statt 91) $e = 75{,}76$ ($= 75{,}76$), $e_{,} = 30{,}3$ ($= 30{,}3$). e und $e_{,}$ haben in diesem speciellen Fall die gleichen Werthe, wie in der Gleichung mit constantem d und $d_{,}$.

$$10)\qquad \frac{z}{\delta\sqrt{\frac{Z}{z}}}+\frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z_{,}}{Z}}}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so wird im stationären Zustande $d = 27{,}76$, $d_{,} = 6{,}73$, $z = 292$ (statt 158), $z_{,} = 708$ (statt 842), $e_{,} = 10{,}5$ ($= 10{,}5$) und $e_{,} = 105$ ($= 105$).

$$11)\qquad \frac{z}{\delta\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right)}+\frac{z_{,}}{d_{,}}=e+e_{,}$$

Wenn $\delta = 72$, $d_{,} = 36$, $m = \frac{5}{6}$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 8e$, so wird im Beharrungszustande $d = 61{,}5$, $z = 175$ (statt 200), $z_{,} = 825$ (statt 800), $e = 2{,}85$ (statt 2,78) $e_{,} = 22{,}92$ (statt 22,22).

$$12)\qquad \frac{z}{\delta\sqrt{\frac{Z}{z}}}+\frac{z_{,}}{d_{,}}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 29{,}1$, $z = 266{,}5$ (statt 158), $z_{,} = 733{,}5$ (statt 842), $e = 9{,}17$ (statt 10,5) und $e_{,} = 91{,}7$ (statt 105).

Für die Gleichungen 1) bis 8) wurde angenommen, dass die Individuenzahl bei beiden Formen in gleichem Sinne auf die Lebensdauer einwirke. Die letztere wird dadurch in den Gleichungen 1) bis 4) erniedrigt, in 5) bis 8) erhöht. In den Gleichungen 9) und 10) wirkt die Individuenzahl in entgegengesetztem Sinne auf das Alter bei den Formen A und B ein. In 11) und 12) ist die Lebensdauer der einen Form unabhängig von der Menge ihrer Individuen.

Rücksichtlich der Verdrängung verhält sich die Gleichung II im Allgemeinen wie die Gleichung I. Die gegenseitige Verdrängung ist bloss partiell. Es giebt für jeden einzelnen

Fall einen stationären Zustand mit constant bleibe mittleren Individuenzahlen der Formen A und B. Ist Gleichgewicht einmal aus irgend einem Grunde gestört, somit die beiden Formen in einem andern Zahlenverhä vertreten, so ändert sich dieses jährlich, bis das Gl gewicht wieder erreicht ist. Der Einfluss der Individue auf das mittlere Alter giebt sich nur darin zu erken dass eine Erhöhung des letzteren den Verdrängungspr verlangsamt, während die Erniedrigung der Lebensd ihn beschleunigt.

Unter den zahllosen Fällen, welche die allgem Gleichung II zulässt, giebt es nur einen einzigen, in welc mathematisch eine totale Verdrängung erfolgt, näm wenn die Lebensdauer proportional der Individuen ist, wenn also ihre Ausdrücke die Gestalt annehm $\frac{\delta\, z}{Z}$ und $\frac{\delta_1\, z_1}{Z}$. Diese Voraussetzung kann aber als physisch beinahe unmöglich bezeichnet werden.

Der genannte Grenzfall tritt nur ein, wenn die allgem Gleichung sich folgendermassen gestaltet

$$\frac{1}{\delta}\,\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}\right)} + \frac{1}{\delta_{,}}\,\frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z_{,}}{Z}\right)} = e + e_{,}$$

und wenn zugleich hierin die mit $\frac{1}{\delta}$ und $\frac{1}{\delta_{,}}$ verbundenen toren einander gleich werden, was nur dann erfolgt, $f\left(\frac{z}{Z}\right) = \frac{z}{Z}$ und $\varphi\left(\frac{z_{,}}{Z}\right) = \frac{z_{,}}{Z}$. Man hat nun Gleichung

$$13) \qquad \frac{z}{\delta\,\frac{z}{Z}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\,\frac{z_{,}}{Z}} = e + e_{,}$$

oder was das Nämliche ist

$$\frac{Z}{\delta} + \frac{Z}{\delta_{,}} = e + e_{,}$$

Diese Gleichung führt im Allgemeinen die totale Verdrän herbei. In einem besondern Falle aber bleibt die Verdrän

ganz aus; nämlich dann, wenn $\frac{Z}{\delta} = e$ und $\frac{Z}{\delta_{,}} = e$, und somit auch $\delta e = \delta_{,} e_{,}$. Da z und $z_{,}$ in diesen Bedingungsgleichungen fehlen, so folgt daraus, dass diese Grössen mathematisch unbestimmt sind, dass also die Formen A und B in jedem beliebigen Zahlenverhältniss die Gesammtsumme Z zusammensetzen können, und dass sie in dem einmal bestehenden Verhältniss fortan verharren müssen.[10])

Es sei in der Gleichung 13) $\delta = 150$, $\delta_{,} = 80$ und $Z = 1000$, ferner $e = \frac{Z}{\delta} = 6{,}67$ und $e_{,} = \frac{Z}{\delta_{,}} = 12{,}5$, so besteht Beharrung bei jeder Grösse von z und $z_{,}$. Es sei z. B. $z = 500$ und $z_{,} = 500$, so wird die Lebensdauer von A oder $d = 15$ und diejenige von B oder $d_{,} = 72$, Verlust und Ersatz von $A = 6{,}67$, von $B = 12{,}5$. Wenn $z = 6{,}67$ und $z_{,} = 993{,}33$, so wird $d = 1$ und $d_{,} = 79{,}47$ während Verlust und Ersatz von A wieder 6,67 und von B 12,5 betragen. Wenn $z = 987{,}5$ und $z_{,} = 12{,}5$, so wird $d = 148{,}125$ und $d_{,} = 1$, Verlust und Ersatz von A und B wieder 6,67 und 12,5.

Das Beharren der beiden Formen in der einmal vorhandenen Individuenzahl ist die nothwendige Folge des Umstandes, dass jede Form ihren jährlichen Verlust durch einen gleich grossen Ersatz deckt. Ist dagegen das Verhältniss des jährlichen Nachwuchses ein anderes, ist $\frac{Z}{\delta} \gtrless e$ und $\frac{Z}{\delta_{,}} \lessgtr e_{,}$, so erfolgt nothwendig die totale Verdrängung der einen Form. Denn wenn z. B. $\frac{Z}{\delta} > e$, so bleibt diese ungünstige Störung der jährlichen Bilanz, bis die Zahl von A (z) Null geworden ist. Wenn dagegen $\frac{Z}{\delta} < e$, so nimmt z jährlich zu, bis es die Zahl Z erreicht hat und die Form B verschwunden ist. — Es sei in der Gleichung 13) wieder $\delta = 150$, $\delta_{,} = 80$, $Z = 1000$, aber $e_{,} = 3e$. Nun ist der jährliche Verlust von A

10) Diese mathematische Folgerung würde physisch insofern eine Beschränkung erleiden, als z nicht unter $\frac{Z}{\delta}$ und $z_{,}$ nicht unter $\frac{Z}{\delta_{,}}$ sinken kann. Diese Grenzwerthe geben nämlich den constanten, von der Individuenzahl unabhängigen Verlust und Ersatz an; sie sind zugleich auch die untern Grenzen für die Mengen der Individuen, deren Lebensdauer $\frac{\delta z}{Z}$ und $\frac{\delta_{,} z_{,}}{Z}$ nicht kleiner als 1 werden darf.

(unabhängig von der Grösse von z) = 6,67, der jährliche Verlust von B = 12,5. Der Gesammtverlust von 19,17 wird von A zu $^1/_4$, also mit 4,79, von B zu $^3/_4$, also mit 14,88 gedeckt. Es muss daher die Individuenzahl von A (z) jährlich um 1,88 abnehmen, diejenige von B (z_1) um den gleichen Betrag zunehmen, bis z_1 = 1000 und und z = 0.

Wenn in der allgemeinen Gleichung II bloss die Individuenzahl der einen Form die in 13) für beide Formen eingeführte Gestalt annimmt, so besteht wie in allen andern Fällen eine theilweise Verdrängung. Das einfachste Beispiel hiefür ist folgende Gleichung

14) $$\frac{z}{\delta\frac{z}{Z}} + \frac{z_1}{d_1} = e + e_1.$$

Hierin sind z und z_1, ferner das Alter von A oder $\frac{\delta z}{Z}$ endlich e und e_1 variabel, δ und d_1 constant. Wenn δ = 15, d_1 = 8, Z = 1000 und $e_1 = \frac{e}{3}$, so wird im stationären Zustande e = 66,67, e_1 = 22,22, z = 822,2, z_1 = 177,8 und das Alter von A = 12,33.

Ein allgemeiner möglicher Fall ist ferner der, dass **die mittlere Lebensdauer der einen Form modifizirt wird durch die Individuenzahl der andern Form**, während sie von der eigenen unabhängig ist. Es ist denkbar, dass die Pflanzen von A in ihrem Gedeihen beeinträchtigt werden durch diejenigen von B, weil die letzteren ein stärkeres Wurzelvermögen besitzen, und jenen die Nahrung wegnehmen, oder weil sie grösser werden und jene beschatten u. s. w. Es kann aber auch die Anwesenheit der Form B günstig auf das Wohlbefinden von A einwirken, wenn jene einen ungünstigen Einfluss, z. B. die Angriffe eines Thieres von A theilweise fern hält. Für diese Voraussetzungen gilt die allgemeine Gleichung

III $$\frac{z}{f\left(\delta, \frac{z_1}{Z}\right)} + \frac{z_1}{\varphi\left(\delta_1, \frac{z}{Z}\right)} = e + e_1.$$

Diese Gleichung verhält sich wie II, indem sie im Allgemeinen ebenfalls nur eine partielle Verdrängung gestattet.

15) $$\frac{z}{\delta\left(1+\frac{m_{,}\,z_{,}}{Z}\right)}+\frac{z_{,}}{\delta_{,}\left(1+\frac{m\,z}{Z}\right)}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = {}^1/_2$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 21{,}35$, $d_{,} = 11{,}70$, $z = 154$ (statt 158), $z_{,} = 846$ (statt 842), $e = 7{,}2$ (statt 10,5) und $e_{,} = 72{,}2$ (statt 105).

16) $$\frac{\frac{z}{\delta}}{1-\frac{m_{,}\,z_{,}}{Z}}+\frac{\frac{z_{,}}{\delta_{,}}}{1-\frac{m\,z}{Z}}=e+e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = {}^1/_2$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im Beharrungszustande $d = 26{,}05$, $d_{,} = 14{,}67$, $z = 151{,}5$ (statt 158), $z_{,} = 848{,}5$ (statt 842), $e = 5{,}81$ (statt 10,5) und $e_{,} = 58{,}1$ (statt 105).

17) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{Z}{z_{,}}}}+\frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{Z}{z}}}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird für das Gleichgewichtstadium $d = 15{,}3$, $d_{,} = 43{,}4$, $z = 34$ (statt 158), $z_{,} = 966$ (statt 842), $e = 2{,}22$ (statt 10,5), $e_{,} = 22{,}2$ (statt 105).

18) $$\frac{z}{\delta\left(1-\frac{m_{,}\,z_{,}}{Z}\right)}+\frac{z_{,}}{\delta_{,}\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right)}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 1$, $m_{,} = {}^1/_4$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 11{,}8$, $d_{,} = 6{,}8$, $z = 147{,}5$ (statt 158), $z_{,} = 852{,}5$ (statt 842), $e = 12{,}5$ (statt 10,5) und $e_{,} = 125{,}0$ (statt 105).

19) $$\frac{\frac{z}{\delta}}{1+\frac{m_{,}\,z_{,}}{Z}}+\frac{\frac{z_{,}}{\delta_{,}}}{1+\frac{m\,z}{Z}}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 1$, $m_{,} = {}^1/_4$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 12{,}37$, $d_{,} = 6{,}95$, $z = 151{,}1$ (statt 158), $z_{,} = 848{,}9$ (statt 842), $e = 12{,}21$ (statt 10,5) und $e_{,} = 122{,}1$ (statt 105).

$$20) \qquad \frac{z}{\delta \sqrt{\frac{z_,}{Z}}} + \frac{z_,}{\delta_, \sqrt{\frac{z}{Z}}} = e + e_,.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $Z = 1000$ und $e_, = 10\ e$, so wird im Beharrungszustande $d = 13{,}02$, $d_, = 3{,}97$, $z = 246{,}7$ (statt 158), $z_, = 753{,}3$ (statt 842), $e = 18{,}95$ (statt 10,5), $e_, = 189{,}5$ (statt 105).

$$21) \qquad \frac{z}{\delta \frac{z_,}{Z}} + \frac{z_,}{\delta_, \frac{z}{Z}} = e + e_,.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $Z = 1000$ und $e_, = 10\,e$, so wird im Gleichgewichtszustande $d = 10{,}47$, $d_, = 2{,}42$, $z = 302$ (statt 158), $z_, = 698$ (statt 842), $e = 28{,}84$ (statt 10,5), $e_, = 288{,}4$ (statt 105).

Es wurde bei den Gleichungen 15) bis 21) die Annahme gemacht, dass die Individuenzahl in gleichem Sinne die Lebensdauer der beiden Formen modifizire, und zwar vermehrt sie dieselbe bei 15) bis 17) und vermindert sie bei 18) bis 21). Die fernere Annahme, dass die Lebensdauer bei den beiden Formen in ungleicher Weise durch z und $z_,$ verändert werde, oder dass sie bei der einen derselben von diesen Grössen unabhängig sei, würde ebenfalls nur Beispiele für die partielle Verdrängung ergeben.

Es giebt auch für die allgemeine Gleichung III unter den zahllosen besondern Fällen, deren sie fähig ist, nur einen einzigen, welcher die totale Verdrängung zulässt, nämlich wenn die Lebensdauer jeder der beiden Formen im umgekehrten Verhältniss steht zur Individuenzahl der andern Form, wenn also die Ausdrücke dafür die Form erhalten $\frac{\delta\, Z}{z_,}$ und $\frac{\delta_,\, Z}{z}$.

Für diesen Grenzfall muss die Gleichung III die Gestalt annehmen

$$\frac{1}{\delta} \frac{z}{f\left(\frac{z_,}{Z}\right)} + \frac{1}{\delta_,} \frac{z_,}{\varphi\left(\frac{z}{Z}\right)} = e + e_,$$

und es müssen ferner die mit $\frac{1}{\delta}$ und $\frac{1}{\delta_,}$ verbundenen Factoren einander gleich werden. Damit aber diess geschehe, muss $f\left(\frac{z_,}{Z}\right) = \frac{Z}{z_,}$ und $\varphi\left(\frac{z}{Z}\right) = \frac{Z}{z}$ werden. Man erhält somit die Gleichung

$$22) \qquad \frac{z}{\delta \frac{Z}{z_,}} + \frac{z_,}{\delta_, \frac{Z}{z}} = e + e_, \text{ oder}$$

$$\frac{1}{\delta}\frac{z\,z_{,}}{Z}+\frac{1}{\delta_{,}}\frac{z\,z_{,}}{Z}=e+e_{,}.$$

In dieser, wie in allen andern Gleichungen, kann je nach den numerischen Werthen von δ und $\delta_{,}$ und dem Verhältniss von $e:e_{,}$ der jährliche Verlust und der jährliche Ersatz jeder einzelnen Form alle möglichen gegenseitigen Verhältnisse zeigen. So kann der Verlust von A grösser sein als der Ersatz, wobei dann nothwendig der Verlust von B kleiner ist als der Ersatz, also

$$\frac{1}{\delta}\frac{z\,z_{,}}{Z}>e \text{ und } \frac{1}{\delta_{,}}\frac{z\,z_{,}}{Z}<e_{,}, \text{ somit}$$

$$\frac{z\,z_{,}}{Z}>\delta\, e \text{ und } \frac{z\,z_{,}}{Z}<\delta_{,}e_{,} \text{ und ferner}$$

$$\delta\, e<\delta_{,}e_{,} \text{ oder } e_{,}>\frac{\delta\, e}{\delta_{,}}$$

d. h. es erfolgt totale Verdrängung der Form A, wenn $e_{,}>\frac{\delta\, e}{\delta_{,}}$ indem der Verlust für jede Grösse von z und $z_{,}$ den Ersatz überwiegt.

Wenn der Verlust von A kleiner ist als der Ersatz und der Verlust von B grösser als der Ersatz, wenn

$$\frac{1}{\delta}\frac{z\,z_{,}}{Z}<e \text{ und } \frac{1}{\delta_{,}}\frac{z\,z_{,}}{Z}>e_{,}, \text{ somit}$$

$$\frac{z\,z_{,}}{Z}<\delta\, e \text{ und } \frac{z\,z_{,}}{Z}>\delta_{,}e_{,} \text{ und daher}$$

$$\delta\, e>\delta_{,}e_{,} \text{ oder } e_{,}<\frac{\delta\, e}{\delta_{,}},$$

so wird die Form B vollständig verdrängt.

Sind aber Verlust und Ersatz für jede der beiden Formen sich gleich, ist

$$\frac{1}{\delta}\frac{z\,z_{,}}{Z}=e \text{ und } \frac{1}{\delta_{,}}\frac{z\,z_{,}}{Z}=e_{,}, \text{ somit}$$

$$\frac{z\,z_{,}}{Z}=\delta\, e \text{ und } \frac{z\,z_{,}}{Z}=\delta_{,}e_{,} \text{ und ferner}$$

$$\delta\, e=\delta_{,}e_{,} \text{ und } e_{,}=\frac{\delta\, e}{\delta_{,}},$$

so erfolgt keine Verdrängung; die beiden Formen dulden sich in jedem beliebigen Verhältniss der Individuenzahlen.

Es sei $\delta=15$ und $\delta_{,}=8$, so wird A vollständig verdrängt, wenn $e_{,}>\frac{15e}{8}$; B wird vollständig verdrängt, wenn $e_{,}<\frac{15e}{8}$ und die Verdrängung bleibt ganz aus, wenn $e_{,}=\frac{15e}{8}$. Es sei

z. B. $e_1 = 3e$, also $e_1 > \frac{15e}{8}$, so verliert die Form A, wenn sie mit 900 Individuen vertreten ist, 6 und gewinnt durch den Ersatz bloss 4,31, während die Form B 11,25 verliert und dafür 12,94 gewinnt. Sind beide Formen in der Zahl von 500 vorhanden, so ist der Verlust von A = 16,67 und sein Ersatz 11,97, dagegen der Verlust von B = 31,25 und sein Ersatz = 35,92. Ist $z = 100$ und $z_1 = 900$ so verliert A 6 und gewinnt 4,31, indess B 11,25 einbüsst und dafür einen Zuwachs von 12,94 erhält.

Damit (wenn $\delta = 15$ und $\delta_1 = 8$) keine Verdrängung erfolge, muss $e_1 = \frac{15e}{8}$ sein. Ist nun $z = 900$ und $z_1 = 100$, so wird der Verlust von A = 6 und der Ersatz ebenfalls = 6, der Verlust von B = 11,25 und der Ersatz ebenfalls = 11,25. Ist $z = 500$ und $z_1 = 500$, so wird der Verlust und Ersatz von A = 16,67 und derjenige von B = 31,25. Ist $z = 100$ und $z_1 = 900$, so wird der Verlust und Ersatz von A = 6 und derjenige von B = 11,25.

Es kann die mittlere Lebensdauer jeder Form endlich auch bedingt werden durch die Individuenzahlen der beiden Formen zugleich, sei es, dass dieselben beide in gleichem Sinne aber in ungleichem Maasse, sei es, dass sie in entgegengesetztem Sinne, die eine erhöhend, die andere erniedrigend einwirken. Man hat nun die allgemeine Gleichung

IV
$$\frac{z}{f\left(\delta, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right)} + \frac{z_1}{\varphi\left(\delta_1, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right)} = e + e_1$$

Von den zahllosen speciellen Fällen mögen hier nur wenige Beispiele folgen.

23)
$$\frac{z}{\delta\left(1 + \frac{mz}{Z} + \frac{m_1 z_1}{Z}\right)} + \frac{z_1}{\delta_1\left(1 + \frac{m_2 z}{Z} + \frac{m_3 z_1}{Z}\right)} = e + e_1$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_1 = 8$, $m = 3$, $m_1 = 1$, $m_2 = \frac{1}{3}$, $m_3 = \frac{1}{6}$, $Z = 1000$ und $e_1 = 10e$, so wird im stationären Zustande $d = 38,5$, $d_1 = 9,7$, $z = 284$ (statt 158), $z_1 = 716$ (statt 842), $e = 7,37$ (statt 10,5) und $e_1 = 73,7$ (statt 105).

25) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im Beharrungszustande $d = 22{,}8$, $d_{,} = 5{,}8$, $z = 302$ (statt 158), $z_{,} = 698$ (statt 842), $e = 18{,}26$ (statt 10,5) und $e_{,} = 182{,}6$ (statt 105).

26) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 6{,}49$, $d_{,} = 3{,}46$, $z = 157{,}9$ (= 158), $z_{,} = 842{,}1$ (= 842), $e = 24{,}31$ (statt 10,5), $e_{,} = 243{,}1$ (statt 105). Die Individuenzahlen sind die nämlichen wie für die Gleichung I, aber Lebensdauer und Ersatz sind verschieden.

27) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im Gleichgewichtsstadium $d = 34{,}6$, $d_{,} = 18{,}5$, $z = 157{,}9$ (= 158), $z_{,} = 842{,}1$ (= 842), $e = 4{,}56$ (statt 10,5), $e_{,} = 45{,}6$ (statt 105). Die Individuenzahlen sind die nämlichen wie für die Gleichungen 26) und I.

28) $$\frac{z}{\delta\,\frac{z_{,}}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z_{,}}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im Beharrungszustande $d = 17{,}05$, $d_{,} = 3{,}33$, $z = 338{,}6$ (statt 158), $z_{,} = 661{,}4$ (statt 842), $e = 19{,}86$ (statt 10,5), $e_{,} = 198{,}6$ (statt 105).

29) $$\frac{z}{\delta\,\frac{z}{z_{,}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\,\frac{z_{,}}{z}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 80{,}0$, $d_{,} = 1{,}05$, $z = 842{,}1$ (statt 158), $z_{,} = 157{,}9$ (statt 842), $e = 10{,}5$ (= 10,5) und $e_{,} = 105$ (= 105).

Die allgemeine Gleichung IV gestattet, wie die Gleichungen II und III, in der Regel blos eine theilweise Verdrängung. Doch kann auch hier ausnahmsweise unter

bestimmten Voraussetzungen sowohl partielle als t
Verdrängung eintreten und zwar in einer ganzen Reihe
Grenzfällen.

Jene Voraussetzungen sind nämlich, wie bei II und III, ein
dass die Gleichung IV die Form annehme

$$\frac{1}{\delta} \frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)} + \frac{1}{\delta_{,}} \frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)} = e + e_{,}$$

und ferner, dass die mit $\frac{1}{\delta}$ und $\frac{1}{\delta_{,}}$ verbundenen Fakt
$\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)}$ und $\frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)}$ einander gleich werden. Es k
nun jede Function von z und $z_{,}$ in die Form dieser Factoren
legt werden, und daher giebt es zahllose besondere Fälle für
totale Verdrängung; aber jeder einzelne derselben ist nur der Gr
fall einer unendlichen Reihe, indem jedesmal die mit $\frac{1}{\delta}$ und
vereinigten Factoren in unendlich vielen Fällen ungleich und
in Einem Falle gleich sind.

Beispiele für solche Gleichungen, welche die totale Verdräng
bedingen, sind folgende

80) $$\frac{z}{\delta \sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} = e + e_{,} \text{ oder}$$

33) $$\frac{z}{\delta \dfrac{z}{1 + \dfrac{mzz_,}{Z^2}}} + \frac{z_,}{\delta_, \dfrac{z_,}{1 + \dfrac{mzz_,}{Z^2}}} = e + e_, \text{ oder}$$

$$\frac{1}{\delta}\left(1 + \frac{mzz_,}{Z^2}\right) + \frac{1}{\delta_,}\left(1 + \frac{mzz_,}{Z^2}\right) = e + e_,$$

Für jede dieser Gleichungen können die bei der Gleichung 22) besprochenen verschiedenen möglichen Fälle eintreten. Es findet immer vollständige Verdrängung von A statt, wenn $e_, > \frac{\delta e}{\delta_,}$, — vollständige Verdrängung von B, wenn $e_, < \frac{\delta e}{\delta_,}$, — und Beharren der beiden Formen in ihrem einmal bestehenden numerischen Verhältniss, wenn $e_, = \frac{\delta e}{\delta_,}$.

Es sei in der Gleichung 30) $\delta = 15$ und $\delta_, = 8$, so bleibt die Verdrängung aus, wenn $e_, = \frac{15\,e}{8}$. Ist A mit 900 Individuen vertreten und B mit 100, so beträgt der Verlust und der Ersatz für A 20, derjenige für B 37,5. Ist $z = z_, = 500$, so wird der Verlust und der Ersatz für A = 33,3 und derjenige für B = 62,5. — Es erfolgt dagegen Verdrängung von A, wenn $e_, > \frac{15\,e}{8}$. Ist z. B. $e_, = 3\,e$, so verliert die mit 900 Individuen vertretene Form A 20 und gewinnt nur 14,4, während die mit 100 Individuen vertretene Form B 37,5 verliert nnd 43,1 gewinnt; — die 500 Individuen zählende Form A verliert 33,3 und gewinnt 23,9, indess die 500 Individuen zählende Form B 62,5 einbüsst und 71,9 als Ersatz erhält.

Wie die Lebensdauer kann auch der jährliche Ersatz durch die Zahl der Individuen modificirt werden. Zunächst kann diess durch die Individuenzahl der eigenen Form geschehen. Die Menge der Pflanzen wird dann einem zahlreicheren Nachwuchs förderlich sein, wenn verhältnissmässig nur wenige keimfähige Samen erzeugt werden, oder wenn die alten Pflanzen irgend einen schädlichen Einfluss von den Keimpflänzchen abwenden. Andererseits kann die grössere Individuenzahl nachtheilig auf den jungen Aufwuchs einwirken, wenn sie demselben z. B.

gewisse spärlich vorhandene Nährstoffe entzieht. Unter diesen Voraussetzungen besteht die allgemeine Gleichung

$$\text{V} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon\,,\ \frac{z}{Z}\right) + \varphi\left(\varepsilon_1\,,\ \frac{z_1}{Z}\right)$$

Der Ersatz ist in den Gleichungen I bis IV durch e und e_1 ausgedrückt, welche Grössen in einem bestimmten Verhältniss zu einander stehen und durch alle inneren und äusseren constanten Momente bedingt werden, die auf den Nachwuchs Einfluss haben. In der Gleichung V haben ε und ε_1 die gleiche Bedeutung, und sie werden zu e und e_1 sowie die Functionen unabhängig von z und z_1 werden.

$$34) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 + \frac{mz}{Z}\right) + \varepsilon_{,}\left(1 + \frac{m_{,}z_{,}}{Z}\right)$$

a) Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = \frac{1}{2}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 165$ (statt 158), $z_{,} = 885$ (statt 842), e (Ersatz von A) $= 11$ (statt 10,5) und $e_{,}$ (Ersatz von B) $= 104$ (statt 105).

b) Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = \frac{4}{3}$, $m_{,} = 5$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 8\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 55,4$ (statt 189,9), $z_{,} = 944,6$ (statt 810,1), $e = 3,7$ (statt 12,7 und $e_{,} = 118,1$ (statt 101).

$$35) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 - \frac{mz}{Z}\right) + \varepsilon_{,}\left(1 - \frac{m_{,}z_{,}}{Z}\right)$$

a) Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = 1$, $m_{,} = \frac{1}{4}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 165$ (statt 158), $z_{,} = 835$ (statt 842), $e = 11$ (statt 10,5). $e_{,} = 104$ (statt 105). Die Werthe von z, $z_{,}$, e und $e_{,}$ sind genau die gleichen wie in Gleichung 34 a.

b) Wenn $d = 72$, $d_{,} = 36$, $m = \frac{5}{6}$, $m_{,} = \frac{5}{9}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 8\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 252$ (statt 200), $z_{,} = 748$ (statt 800), $e = 8,5$ (statt 2,78) und $e_{,} = 20,8$ (statt 22,22).

$$36) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \frac{\varepsilon}{1 + \frac{mz}{Z}} + \frac{\varepsilon_{,}}{1 + \frac{m_{,}z_{,}}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 3$, $m_, = \frac{1}{2}$, $Z = 1000$, $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 154$ (statt 158), $z_, = 846$ (statt 842), $e = 10{,}3$ (statt 10,5) und $e_, = 105{,}5$ (statt 105).

37)] $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon}{1 - \frac{mz}{Z}} + \frac{\varepsilon_,}{1 - \frac{m_, z_,}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 1$, $m_, = \frac{1}{4}$, Z 1000 und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 148{,}5$ (statt 158), $z_, = 851{,}5$ (statt 842), $e = 9{,}9$ (statt 10,5) und $e_, = 106{,}4$ (statt 105).

38) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\sqrt{\frac{z}{Z}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{z_,}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 33{,}96$ (statt 158), $z_, = 966{,}04$ (statt 842), $e = 2{,}26$ (statt 10,5) und $e_, = 120{,}76$ (statt 105).

39) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\sqrt{\frac{Z}{z}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{Z}{z_,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 246{,}7$ (statt 158), $z_, = 753{,}3$ (statt 842), $e = 16{,}45$ (statt 10,5) und $e_, = 94{,}16$ (statt 105).

40) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\,\frac{Z}{z} + \varepsilon_,\,\frac{Z}{z_,}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 302$ (statt 158), $z_, = 698$ (statt 842), $e = 20{,}1$ (statt 10,5) und $e_, = 87{,}25$ (statt 105).

41) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\left(1 - \frac{mz}{Z}\right) + \varepsilon_,\left(1 + \frac{m_, z_,}{Z}\right)$$

Wenn $d = 12$, $d_, = 3$, $m = \frac{9}{10}$, $m_, = 9$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = \frac{2\,\varepsilon}{5}$, so wird im Beharrungszustande $z = 500$ (statt 909), $z_, = 500$ (statt 91), $e = 41{,}67$ (statt 75,76) und $e_, = 166{,}67$ (statt 30,3).

42) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\sqrt{\frac{Z}{z}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{z_,}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 292$ (statt 158), $z_, = 708$ (statt 842), $e = 19{,}5$ (statt 10,5) und $e_, = 88{,}5$ (statt 105).

43) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 - \frac{mz}{Z}\right) - e_{,}$$

Wenn d = 72, d, = 36, m = $\frac{5}{6}$. Z = 1000 und e, = 8
so wird im Gleichgewichtszustande z = 165 (statt 200), z, = 8
(statt 800), e (Ersatz für A) = 2,43 (statt 2,78) und e, = 2
(statt 22,22).

44) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon \sqrt{\frac{Z}{z}} + e_{,}$$

Wenn d = 15, d, = 8, Z = 1000 und e, = 10 ε, so wi
im Beharrungszustande z = 266,5 (statt 158), z, = 733,5 (sta
842), e (Ersatz für A) = 17,8 (statt 10,5) und e, = 91
(statt 105).

In allen speciellen Gestalten, welche die allgemei Gleichung V annehmen kann, ist die Verdrängung mit ein einzigen Ausnahme jedesmal nur eine partielle. Es gib für jeden Fall einen Beharrungszustand, in welchem di Individuenzahlen einen constanten mittleren Werth behalte Sind die beiden Formen einmal in einem anderen nume ischen Verhältniss vorhanden, so verändern sie dieses for während, bis jener stationäre Zustand wieder hergeste ist. — Der Ausnahmsfall, welcher die totale Verdrängu bedingt, ist dann gegeben, wenn der Ersatz jeder der beide Formen proportional mit der Individuenzahl sich veränder

$$\frac{z}{d} > \varepsilon \frac{z}{Z} \text{ und } \frac{z_{,}}{d_{,}} < \varepsilon_{,} \frac{z_{,}}{Z} \text{ somit}$$

$$\frac{1}{d} > \frac{\varepsilon}{Z} \text{ und } \frac{1}{d_{,}} < \frac{\varepsilon_{,}}{Z} \text{ und}$$

$$d\varepsilon < d_{,}\varepsilon_{,} \text{ oder } \varepsilon_{,} > \frac{d\varepsilon}{d_{,}}$$

Unter diesen Umständen geht die Form A, sie mag in irgend einer Individuenzahl vorhanden sein, ihrer totalen Verdrängung entgegen, weil bei jedem Verhältniss von z und $z_{,}$ der Verlust von A immer den Ersatz überwiegt. Wenn z. B. $d = 9$, $d_{,} = 15$ und $\varepsilon_{,} = \frac{4\varepsilon}{5}$ (also grösser als $\frac{d\varepsilon}{d_{,}}$ oder $\frac{3\varepsilon}{5}$), so verliert A, welches mit 900 Individuen vertreten ist, 100 und gewinnt 98,0, während B mit 100 Individuen 6,7 verliert und 8,7 gewinnt. — Ist $z = z_{,} = 500$, so beträgt der Verlust von A 55,55 und der Ersatz 49,38, der Verlust von B 33,33 und der Ersatz 39,50. — Ist $z = 100$ und $z_{,} = 900$, so beträgt der Verlust von A 11,11 und der Ersatz 8,67, der Verlust von B 60 und der Ersatz 62,44.

2) Bei der Form A übertrifft der Ersatz den Verlust, während bei B das Umgekehrte stattfindet; also

$$\frac{z}{d} < \varepsilon \frac{z}{Z} \text{ und } \frac{z_{,}}{d_{,}} > \varepsilon_{,} \frac{z_{,}}{Z} \text{ somit}$$

$$\frac{1}{d} < \frac{\varepsilon}{Z} \text{ und } \frac{1}{d_{,}} > \frac{\varepsilon_{,}}{Z} \text{ und}$$

$$d\varepsilon > d_{,}\varepsilon_{,} \text{ oder } \varepsilon_{,} < \frac{d\varepsilon}{d_{,}}$$

Aus diesen Bedingungen folgt die vollständige Verdrängung von B. — Wenn $d = 9$, $d_{,} = 15$ und $\varepsilon_{,} = \frac{2\varepsilon}{5}$ (also kleiner als $\frac{d\varepsilon}{d_{,}}$ oder $\frac{3\varepsilon}{5}$), so verliert A mit 900 Individuen 100 und gewinnt 102,2, während B mit 100 Individuen 6,7 verliert und 4,5 gewinnt — Ist $z = z_{,} = 500$, so beträgt der Verlust von A 55,51 und der Ersatz 63,5, dagegen der Verlust von B 33,3 und der Ersatz 25,4. — Ist $z = 100$ und $z_{,} = 900$, so beträgt der Verlust von A 11,1 und der Ersatz 15,5, der Verlust von B 60 und der Ersatz 55,6.

3) Der Ersatz ist bei jeder Form gleich gross wie ihr Verlust; also

$$\frac{z}{d} = \varepsilon \frac{z}{Z} \text{ und } \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon_, \frac{z_,}{Z} \text{ somit}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{\varepsilon}{Z} \text{ und } \frac{1}{d_,} = \frac{\varepsilon_,}{Z} \text{ und ferner}$$

$$d\varepsilon = d_,\varepsilon_, \text{ oder } \varepsilon_, = \frac{d\,\varepsilon}{d_,}$$

In diesem Fall findet überhaupt keine Verdrängung statt, indem jede der beiden Formen ihren Verlust vollständig deckt. — Wenn $d = 9$. $d_, = 15$ und $\varepsilon_, = \frac{3\varepsilon}{5} \left(= \frac{d\varepsilon}{d_,}\right)$, so verliert A bei einer Individuenzahl von 900 jährlich 100 und gewinnt ebenfalls 100, während B mit 100 Individuen 6,7 verliert und gewinnt. — Wenn $z = z_, = 500$, so beträgt der Verlust und der Ersatz von A 55,5, der Verlust und der Ersatz von B 33,3. — Wenn $z = 100$ und $z_, = 900$, so beträgt der Verlust und der Ersatz von A 11,1, der Verlust und der Ersatz von B 60.

Eine andere allgemeine Möglichkeit besteht darin, dass **der Ersatz der einen Form verändert wird durch die Menge der anderen Form**, indem diese den jungen Nachwuchs bald einen günstigen Einfluss entzieht, bald auch einen schädlichen Einfluss von ihm abwendet. Diess wird durch die allgemeine Gleichung ausgedrückt:

$$\text{VI} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon, \frac{z_1}{Z}\right) + \varphi\left(\varepsilon_1, \frac{z}{Z}\right)$$

[redacted]

48) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon}{1 + \frac{m_, z_,}{Z}} + \frac{\varepsilon}{1 + \frac{mz}{Z}}$$

Wenn d = 15, $d_,$ = 8, m = 1, $m_, = \frac{1}{4}$, Z = 1000 und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande z = 151,1 (statt 158), $z_,$ = 848,9 (statt 842), e = 10,08 (statt 10,5) und $e_,$ = 106,11 (statt 105).

49) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon}{1 - \frac{m_, z_,}{Z}} + \frac{\varepsilon_,}{1 - \frac{mz}{Z}}$$

Wenn d = 15, $d_,$ = 8, m = 3, $m_, = \frac{1}{2}$, Z = 1000 und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande z = 151,5 (statt 158), $z_,$ = 848,5 (statt 842), e = 10,1 (statt 10,5) und $e_,$ = 106,6 (statt 105).

50) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \sqrt{\frac{z_,}{Z}} + \varepsilon_, \sqrt{\frac{z}{Z}}$$

Wenn d = 15, $d_,$ = 8, Z = 1000 und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird für den Gleichgewichtszustand z = 246,7 (statt 158), $z_,$ = 753,3 (statt 842), e = 16,45 (statt 10,5) und $e_,$ = 94,16 (statt 105).

51) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \sqrt{\frac{Z}{z_,}} + \varepsilon_, \sqrt{\frac{Z}{z}}$$

Wenn d = 15, $d_,$ = 8, Z = 1000 und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande z = 33,96 (statt 158), $z_,$ = 966,04 (statt 842), e = 2,26 (statt 10,5) und $e_,$ = 120,75 (statt 105).

52) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \frac{z_,}{Z} + \varepsilon_, \frac{z}{Z}$$

Wenn d = 15, $d_,$ = 8, Z = 1000 und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande z = 302 (statt 158), $z_,$ = 698 (statt 842), e = 20,1 (statt 10,5) und $e_,$ = 87,25 (statt 105).

Die angeführten Beispiele enthalten, mit Ausnahme von 51, nur solche Fälle, wo die Individuenzahl bei beiden Formen in analoger Weise und in gleichem Sinne modificirend einwirkt. Andere Beispiele, wo die Modification in verschiedener Weise oder in entgegengesetztem Sinne erfolgt, zeigen das nämliche Ergebniss, nämlich eine theilweise Verdrängung.

Auch für die allgemeine Gleichung VI giebt es einen einzigen speciellen Fall, in welchem totale Verdränguug der einen oder andern Form eintritt. Er ist dann gegeben,

wenn der Ersatz jeder der beiden Formen umgekehrt p
portional der Individuenzahl der andern Form sich v
ändert, wenn also die Ausdrücke für den Nachwu

$\varepsilon \frac{Z}{z}$ und $\varepsilon_1 \frac{Z}{z}$ werden.

Die Bedingungen für diesen Grenzfall sind auch hier, dass Grössen z und z, aus dem Verhältniss, welches zwischen dem Verl und dem Ersatz der beiden Formen besteht, verschwinden. Zu dies Behufe muss die Gleichung die Gestalt annehmen

53) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \frac{Z}{z_,} + \varepsilon_, \frac{Z}{z}$$

Wenn $\frac{z}{d} > \varepsilon \frac{Z}{z_,}$ und $\frac{z_,}{d_,} < \varepsilon_, \frac{Z}{z}$ somit

$zz_, > d\varepsilon Z$ und $zz_, < d_,\varepsilon_,Z$ daher

$d\varepsilon < d_,\varepsilon_,$ und $\varepsilon_, > \frac{d\varepsilon}{d_,}$,

so wird unter allen Umständen die Form A vollständig verdräng
Wenn $d = 9$, $d_, = 15$ und $\varepsilon_, = \frac{4\varepsilon}{5}$ (also grösser als $\frac{d\varepsilon}{d_,}$ od
$\frac{3\varepsilon}{5}$), so verliert z. B. A bei einer Individuenzahl von 900 jährli
100 und gewinnt dafür 98, während B mit 100 Individuen sein
Verlust von 6,7 durch 8,7 ersetzt.

Wenn $\frac{z}{d} < \varepsilon \frac{Z}{z_,}$ und $\frac{z_,}{d_,} > e_, \frac{Z}{z}$ somit

so bleibt alle Verdrängung aus, indem jede Form in ihrer Individuenzahl beharrt. Es sei $d = 9$, $d_, = 15$ und $\varepsilon_, = \frac{8\varepsilon}{5}$, so beträgt für die mit 900 Individuen vertretene Form A der Verlust und der Ersatz 100 und für B mit 100 Individuen 6,7.

Endlich kann der jährliche Ersatz jeder Form durch die Mengen der beiden Formen zugleich verändert werden, indem jede derselben günstig oder ungünstig den jungen Aufwuchs beeinflusst. Für diesen Fall besteht folgende allgemeine Gleichung

$$\text{VII} \quad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right) + \varphi\left(\varepsilon_1, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right).$$

54) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\left(1 + \frac{mz}{Z} + \frac{m_, z_,}{Z}\right) + \varepsilon_,\left(1 + \frac{m_2 z}{Z} + \frac{m_2' z_,}{Z}\right)$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$. $m = 3$, $m_, = 1$, $m_2 = \frac{1}{8}$, $m'_2 = \frac{1}{6}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 284$ (statt 158), $z_, = 716$ (statt 842), $e = 18{,}93$ (statt 10,5) und $e_, = 89{,}5$ (statt 105).

55) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\sqrt{\frac{z_,}{z}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{z}{z_,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 302$ (statt 158) $z_, = 698$ (statt 842), $e = 20{,}1$ (statt 10,5) und $e_, = 87{,}2$ (statt 105).

56) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\frac{z_,}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z}} + \varepsilon_,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z_,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 338{,}6$ (statt 158), $z_, = 661{,}4$ (statt 842), $e = 22{,}6$ (statt 10,5) und $e_, = 82{,}7$ (statt 105).

57) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\frac{z}{z_,} + \varepsilon_,\frac{z_,}{z}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 842{,}1$ (statt 158), $z_, = 157{,}9$ (statt 842) $e = 56{,}14$ (statt 10,5) und $e_, = 19{,}74$ (statt 105).

Die allgemeine Gleichung VII führt, wie V und VI, [illegible] Ausgleichen [illegible] Veränderungen [illegible] wenn [illegible] Veränderung, und zwar nicht wie bei V und VI [illegible] sondern wie bei IV [illegible] Grenzfällen.

Diese Grenzfälle können nur dann eintreten, wenn die [illegible] Gleichung die Form [illegible]

$$\frac{z}{Z} - \frac{z_0}{Z_0} = [illegible] \frac{z}{Z} \; \frac{z_0}{Z} - \varepsilon_0 \, \varphi\left(\frac{z}{Z} - \frac{z_0}{Z}\right)$$

und wenn [illegible] und [illegible] verschiedene Functionen [illegible] dass das Verhältniss zwischen dem Ersatz und dem Verh[illegible] der beiden Formen unabhängig von z und z_0 wird. Dieses Verhältniss [illegible] V und VI.

$$\frac{z}{Z} \gtrless [illegible] \frac{z}{Z} \; \frac{z_0}{Z} \text{ und } \frac{z_0}{Z_0} \lessgtr \varepsilon_0 \, f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right) \text{ [illegible]}$$

$$\frac{z}{[illegible]\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right)} \gtrless d\,\varepsilon \text{ und } \frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right)} \lessgtr d_0\,\varepsilon_0.$$

Hiernach muss nun $\dfrac{z}{[illegible]\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right)} = \dfrac{z_0}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right)}$ sein, [illegible]

die nämliche Function $[illegible]\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right)$ darstellen. Somit [illegible]

$$[illegible]\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right) \gtrless d\,\varepsilon \text{ und } [illegible]\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_0}{Z}\right) \lessgtr d_0\,\varepsilon_0 \text{ und daher}$$

$$d\,\varepsilon < d_0\,\varepsilon_0 \text{ und } \varepsilon > d\,\varepsilon$$

62) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon z}{1 + \frac{m z z_,}{Z^2}} + \frac{\varepsilon_, z_,}{1 + \frac{m z z_,}{Z^2}}$$

Es sei in der letzten Gleichung $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 100$ und $\varepsilon_, = 4\varepsilon$, also grösser als $\frac{d\,\varepsilon}{d_,}$ oder $\frac{15\,\varepsilon}{8}$, so hat A bei einer Individuenzahl von 900 einen Verlust von 60 und einen Ersatz von 50,2 und B mit 100 Individuen einen Verlust von 12,5 und einen Ersatz von 22,3. — Ist dagegen unter übrigens gleichen Annahmen $\varepsilon_, = \frac{\varepsilon}{2}$ also kleiner als $\frac{d\,\varepsilon}{d_,}$ oder $\frac{15\,\varepsilon}{8}$, so verliert A mit 900 Individuen 60 und gewinnt 69,0, indess B bei einem Verlust von 12,5 einen Ersatz von 3,5 hat. — Ist endlich $\varepsilon_, = \frac{d\,\varepsilon}{d_,} = \frac{15\,\varepsilon}{8}$, so beträgt der Ersatz und der Verlust für A mit 900 Individuen 60 und für B mit 100 Individuen 12,5.

Der jährliche Ersatz kann, statt durch die Zahl, auch durch die Lebensdauer der Individuen modifizirt werden. Diess muss dann der Fall sein, wenn junge und alte Individuen sich mit Rücksicht auf die Fortpflanzung anders verhalten; denn in einer Form mit geringer Lebensdauer befinden sich verhältnissmässig mehr junge, in einer solchen mit grösserer Lebensdauer mehr alte Pflanzen. Es ist aber denkbar, dass bald die kräftige Jugend, bald das reifere Alter günstig auf die Lebenskräftigkeit der Samen und das Gedeihen des Nachwuchses einwirkt. Für diese Beziehungen gilt die allgemeine Gleichung

VIII $$\frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon, d\right) + \varphi\left(\varepsilon_1, d_1\right)$$

63) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\left(1 + m\,d\right) + \varepsilon_,\left(1 + m_, d_,\right)$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = \frac{1}{5}$, $m_, = \frac{1}{16}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 333,3$ (statt 158), $z_, = 666,7$ (statt 842), $e = 22,22$ (statt 10,5) und $e_, = 83,33$ (statt 105).

64) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \left(1 - m\, d\right) + \frac{\varepsilon_,}{1 + m_,\, d_,}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = \frac{1}{30}$, $m_, = \frac{1}{2}$, $Z = 1$
und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 3$
(statt 158), $z_, = 680{,}9$ (statt 842), $e = 21{,}3$ (statt 10,5) u
$e_, = 85{,}1$ (statt 105).

65) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \sqrt{m + d} + \varepsilon_, \sqrt{d_, - m_,}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 10$, $m_, = 4$, $Z = 1000$ u
$\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 319{,}1$ (statt 1
$z_, = 680{,}9$ (statt 842), $e = 21{,}3$ (statt 10,5) und $e_, = 8$
(statt 105).

66) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \sqrt{d} + \varepsilon_, \sqrt{d_,}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird
Beharrungszustande $z = 204{,}3$ (statt 158), $z_, = 795{,}7$ (statt 8
$e = 13{,}6$ (statt 10,5), $e_, = 99{,}5$ (statt 105).

67) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{d}} + \frac{\varepsilon_,}{\sqrt{d_,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wi
im stationären Zustande $z = 120{,}4$ (statt 158), $z_, = 879{,}6$ (statt 84
$e = 8{,}03$ (statt 10,5) und $e_, = 109{,}9$ (statt 105).

68) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\, d + \varepsilon_,\, d_,$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon = 10\,\varepsilon$, so wi
im Beharrungszustande $z = 260{,}1$ (statt 158), $z_, = 739{,}9$ (statt 84

Es wäre endlich möglich, wenn auch sehr unwahrscheinlich, dass der Ersatz durch die Lebensdauer der Individuen der andern Form beeinflusst würde, oder dass dieser Einfluss noch zu der Einwirkung hinzukäme, welche die Lebensdauer der eigenen Form verursacht. Diesen Voraussetzungen entsprechen die allgemeinen Gleichungen

$$\text{IX} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f(\varepsilon, d_1) + \varphi(\varepsilon_1, d)$$

$$\text{X} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f(\varepsilon, d, d_1) + \varphi(\varepsilon, d, d_1)$$

Auch diese beiden Gleichungen bedingen ohne Ausnahme nur die theilweise Verdrängung. Es ist überflüssig spezielle Beispiele dafür anzuführen.

Ich habe bisher verschiedene Annahmen gemacht, einmal, dass die mittlere Lebensdauer und der mittlere jährliche Ersatz blos von der innern Natur der beiden concurrirenden Formen und von der sie umgebenden Aussenwelt, also von constant gedachten Factoren abhänge (Gleichung I), ferner, dass die Lebensdauer ausserdem noch durch die (bis zum Eintritt des Beharrungszustandes variirende) Individuenzahl (Gleichungen II, III, IV) beeinflusst werde, dann dass der jährliche Ersatz durch die Individuenzahl eine Modification erfahre (Gleichungen V, VI, VII), endlich dass derselbe von der Lebensdauer abhängig sei (Gleichungen VIII, IX, X).

Es können nun aber auch zwei dieser Modificationen oder alle drei gleichzeitig wirksam werden. Es wäre jedoch vollkommen überflüssig, diese complicirteren Fälle noch be-

meinen Gleichungen II—VII geschah, wo jenes Verhältniss in den Grenzfällen nur durch Constanten bestimmt wurde. In dieser Beziehung stimmt die Gleichung VIII und ebenso IX und X mit der Gleichung I überein.

[illegible] zu behandeln, weil sie das nämliche Resultat erge[illegible] wie die [illegible]. Ich will bloss noch den allgemein[illegible] Fall, wo alle Factoren [illegible] auf Lebensdauer [illegible] einwirken können, kurz berühren; er wird durch [illegible] ausgedrückt:

[illegible]

Diese Formeln gibt im Allgemeinen, vorausge[illegible] dass [illegible] Annahmen gema[illegible] werden, für z und z_1 immer positive und reelle Wert[illegible] und bedingen daher [illegible] partielle Verdrängung zwischen [illegible] beiden Formen. Die totale Verdrängung der einen Fo[illegible] findet bloss ausnahmsweise statt, nämlich in einer gan[illegible] Reihe von Fällen, von denen aber jeder nur der Grenz[illegible] einer ganzen Reihe ist.

Wie schon bei der Gleichung VII und früher angez[illegible] wurde, können diese eine totale Verdrängung herbeiführen[illegible] Grenzfälle nur dann eintreten, wenn die allgemeine Gleichung [illegible] Form hat

[illegible]

$$\frac{z_,}{f_,\left(\frac{z}{Z}\,,\,\frac{z_,}{Z}\right)\psi_,\left(\frac{z}{Z}\,,\,\frac{z_,}{Z}\right)} \lesseqgtr \delta_,\,\varphi_,\,(\varepsilon_,\,,\,\delta\,,\,\delta_,).$$

Es müssen nun, um den Bedingungen des Grenzfalles zu genügen, die beiden letzten Ausdrücke links der Gleichheitszeichen einander gleich werden, woraus dann folgt

$$\delta\,\varphi\,(\varepsilon\,,\,\delta\,,\,\delta_,) \gtreqless \delta_,\,\varphi_,\,(\varepsilon_,\,,\,\delta\,,\,\delta_,).$$

Es tritt jetzt vollständige Verdrängung der Form A ein, wen $\delta\,\varphi\,(\varepsilon\,,\,\delta\,,\,\delta_,) < \delta_,\,\varphi_,\,(\varepsilon_,\,,\,\delta\,,\,\delta_,)$, vollständige Verdrängung der Form B, wenn $\delta\,\varphi\,(\varepsilon\,,\,\delta\,,\,\delta_,) > \delta_,\,\varphi_,\,(\varepsilon_,\,,\,\delta\,,\,\delta_,)$, und es unterbleibt jede Verdrängung, wenn $\delta\,\varphi\,(\varepsilon\,,\,\delta\,,\,\delta_,) = \delta_,\,\varphi_,\,(\varepsilon_,\,,\,\delta\,,\,\delta_,)$.

Für die partielle Verdrängung führe ich nur ein Beispiel an

$$71)\quad \frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z_,}{z}}} + \frac{z_,}{\delta_,\sqrt{\frac{z}{z_,}}} = \varepsilon\,\frac{z_,}{z}\sqrt{\delta\sqrt{\frac{z_,}{z}}} + \varepsilon_,\,\frac{z}{z_,}\sqrt{\delta_,\sqrt{\frac{z}{z_,}}}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$ und $Z = 1000$, so wird im stationären Zustande $z = 425{,}0$ (statt 158), $z_, = 575{,}0$ (statt 842), d (Lebensdauer von A) $= 17{,}45$ (statt 15), $d_, = 6{,}88$ (statt 8), e (Ersatz für A) $= 24{,}36$ (statt 10,5) und $e_, = 83{,}60$ (statt 105).

Für die totale Verdrängung möge folgendes Beispiel dienen

$$72)\quad \frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z}{z_,}}} + \frac{z_,}{\delta_,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{z_,^3}{Z^3}}} = \varepsilon\,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z_,}\,\frac{\delta}{\delta_,}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{Z^4}{z\,z_,^3}\,\frac{\delta_,}{\delta}}$$

$$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z}{z_,}}} \gtreqless \varepsilon\,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z_,}\,\frac{\delta}{\delta_,}} \quad\text{und}\quad \frac{z_,}{\delta_,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{z_,^3}{Z^3}}} \lesseqgtr \varepsilon_,\sqrt{\frac{Z^4}{z\,z_,^3}\,\frac{\delta_,}{\delta}}$$

Die Ausführung ergiebt

$$\varepsilon\,\delta\sqrt{\frac{\delta}{\delta_,}} \lesseqgtr \varepsilon_,\,\delta_,\sqrt{\frac{\delta_,}{\delta}} \quad\text{oder}\quad \varepsilon_, \gtreqless \varepsilon\,\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$$

d. h. es erfolgt die totale Verdrängung von A, wenn $\varepsilon_, > \varepsilon\,\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$, die totale Verdrängung von B, wenn $\varepsilon_, < \varepsilon\,\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$, und es findet nicht die geringste Verdrängung statt, wenn $\varepsilon_, = \varepsilon\,\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$.

Es sei $\delta = 16$ und $\delta_, = 50$, so wird A vollständig verdrängt, wenn $\varepsilon_, > \frac{256\,\varepsilon}{2500}$. Wenn z. B. $\varepsilon_, = \frac{\varepsilon}{2}$, so beträgt der Verlust für die Form A mit 900 Individuen 18,7 und der Ersatz 4,5, während die Form B mit 100 Individuen 70,3 verliert und 84,5 ge-

winnt; die Lebensdauer von A ist 48, die von B 1,4. — A
100 Individuen verliert 18,7 und gewinnt 4,1 , indess B
900 Individuen einen Verlust von 210,8 und einen Ersatz von 2
hat; die Lebensdauer von A wird 5,3, diejenige von B 4,3.

Dagegen wird B vollständig verdrängt, wenn, unter glei
Annahmen für δ und $\delta_,$, $\varepsilon_, < \frac{256\varepsilon}{2500}$. Wenn z. B. $\varepsilon_, = \frac{\varepsilon_,}{50}$
verliert die Form A mit 900 Individuen 18,7 und gewinnt dafür
indess der Verlust für die Form B mit 100 Individuen 70,3 und
Ersatz 37,6 beträgt; die Lebensdauer von A ist 48 und dieje
von B 1,4. — A mit 100 Individuen hat einen Verlust von 18,7
einen Ersatz von 72,0 , während B mit 900 Individuen 210,8
liert und 157,5 gewinnt; die Lebensdauer von A ist 5,3 und dieje
von B 4,3.

Ist unter übrigens gleichen Annahmen $\varepsilon_, = \frac{256\varepsilon}{2500}$, so behar
beide Formen in ihren Individuenmengen. A mit 900 Individ
gewinnt und verliert 18,7, B mit 100 Individuen 70,3. Verlust
Ersatz betragen für A mit 100 Individuen 18,7 und für B
900 Individuen 210,8. Im ersten Falle ist die Lebensdauer von A
und diejenige von B 1,4 , im zweiten Fall 5,3 und resp. 4,3.

Mit den vorstehenden Annahmen sind alle Mögli
keiten, welche für die gegenseitige Verdrängung zwe
Pflanzenformen bestehen, erschöpft. Ihre Individuenmeng
werden bedingt durch die mittlere Lebensdauer und d
jährlichen mittleren Ersatz. Lebensdauer und Ersatz al
sind abhängig in erster Linie von den constant bleibend
inneren und äusseren Verhältnissen. Die dadurch gegeben
Werthe können in zweiter Linie durch die beiden Individu
zahlen, und die Ersatzwerthe, überdem noch durch
Lebensdauer erhöht oder erniedrigt werden. Andere mö
liche Annahmen giebt es nicht.

Rücksichtlich der mathematischen Consequenzen kom
es vor Allem aus auf die durch die constanten Verhältnis
(klimatische und Bodeneinflüsse, Thierwelt und Pflanzenw
wozu auch die Anwesenheit der concurrirenden Form

hört) bedingten Coeffizienten der Lebensdauer und des jährlichen Ersatzes an, wobei immer vorausgesetzt wird, dass jede der beiden Formen, wenn allein vorhanden, der vollen Gesammtindividuenzahl fähig ist. Wird einer der genannten Coeffizienten für eine Form Null, so versteht es sich, dass dieselbe unter allen Umständen verschwindet. In der grossen Mehrzahl der Fälle wird diese Voraussetzung aber nicht eintreten, sondern es werden die Coeffizienten für die Lebensdauer und den Ersatz positive und reelle Werthe haben. Ist letzteres der Fall, so gibt es unter allen möglichen Verdrängungsgleichungen einige (I, VIII, IX, X), welche bloss eine partielle Verdrängung gestatten, vermöge welcher die beiden Formen sich gegenseitig in einem bestimmten numerischen Verhältniss dulden. Alle übrigen Verdrängungsgleichungen bedingen die partielle Verdrängung zwar nicht absolut aber doch als allgemeine Regel, indem die totale Verdrängung, sofern sie überhaupt stattfinden kann, immer als der einzelne Grenzfall einer Reihe von unendlich vielen Fällen mit partieller Verdrängung erscheint.

Etwas abweichend von der mathematischen Verdrängung muss sich die physische gestalten. Was ich darüber bei Anlass der Gleichung I gesagt habe, gilt ganz allgemein. Eine partielle Verdrängung mit sehr geringer Individuenzahl der einen Form schlägt für diese Form leicht in eine totale um wegen der Schwankungen, welche die natürlichen Verhältnisse der Aussenwelt nothwendig mit sich führen.

Die theoretische Betrachtung zeigt uns also, dass die allgemeine Annahme, die stärkere oder vortheilhafter angepasste Lebeform verdränge vollständig die weniger günstig ausgestattete, ungegründet ist. Wenn wir die Zahl der möglichen Fälle zu einem Schlusse benützen, so verlangt die theoretische Wahrscheinlichkeit, dass gleiche Stärke (mit gleicher Individuenzahl der beiden Formen) unendlich selten, ungleiche Stärke mit partieller Verdrängung und un-

gleicher Individuenzahl als herrschende Regel, und endlich ungleiche Stärke mit totaler Verdrängung der einen Form ziemlich selten vorkomme. Mit dieser Probabilitätsrechnung befindet sich der thatsächliche Bestand im Pflanzenreiche in vollkommenster Uebereinstimmung, besonders das in der Regel gemeinschaftliche Vorkommen der Varietäten der nämlichen Art und der nächst verwandten Arten, wie ich in meiner letzten Mittheilung gezeigt habe.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Hefe.

Die bisherigen chemischen Untersuchungen der Bierhefe lassen noch viel zu wünschen übrig, indem sie uns theils ein unvollkommenes, theils auch ein wenig Vertrauen erweckendes Bild der Zusammensetzung geben. Die neueren Angaben, wonach der Cellulosegehalt bloss 17,8—19,2 Proz. (nach Pasteur), sogar bloss 12—14 Proz. (nach Liebig) der Trockensubstanz und der Fettgehalt 2 Proz. oder wenig mehr ausmachen sollte, steht im Widerspruch mit der mikroskopischen Beobachtung, welche für die Membran etwa den doppelten Betrag der Pasteur'schen Angabe und für das Fett in älteren Zellen mehr als den doppelten Betrag verlangt.

Da alle Fragen, welche die Gärung betreffen, an die physiologischen Funktionen der Gärungszellen anknüpfen und da diese ohne genaue Kenntniss der chemischen Beschaffenheit unmöglich erkannt werden können, so schien eine abermalige Aufnahme der chemischen Untersuchung mit vorzüglicher Berücksichtigung der physiologischen Gesichtspunkte geboten.

Die Schwierigkeit der Hefenanalysen, wenn es sich nicht um die Elemente sondern um die Verbindungen han-

[illegible], besteht darin, dass die Leichen wegen ihrer Kleinheit auf keine Weise zerrieben, zerrissen oder zum Platzen gebracht und dadurch Inhalt und Membran auf mechanische Weise getrennt werden können. Der einzige Weg, [illegible] [illegible] zu [illegible] vermag, besteht darin, durch verschiedene Mittel solche Trennungen anzustreben und durch [illegible] mikroskopische Untersuchung die Veränderungen an den Leichen festzustellen.

Zunächst wurden zwei bisher nicht angewendete Mittel in Angriff genommen. Da vielfache Beobachtungen gezeigt haben, dass die Hefezellen mit dem Absterben [illegible] [illegible] ihren ganzen Inhalt verlieren, so wurden dieselben mit einer [illegible] Menge Wasser mehr als [illegible] Jahr lang stehen gelassen, wobei das Wasser einen Zusatz von [illegible] Proc. Phosphorsäure erhielt, um die Spaltpilze und ihre [illegible] Wirkung auszuschliessen. Diese starke Ansäuerung verlangsamte aber auch den Lösungsprozess der Leichen sehr stark, so dass schliesslich nicht mehr als [illegible] Proc. der Trockensubstanz in Lösung gegangen waren.

Das andere bisher nicht benutzte Mittel bestand in dem Kochen mit Wasser. Die Hefe wurde [illegible] mal nacheinander mit Wasser, im Ganzen während einer Dauer von [illegible] Tagen, gekocht. Die Leichen gaben bei dieser Behandlung etwa die Hälfte ihrer Trockensubstanz an das Wasser ab.

Diese beiden Untersuchungen wurden von dem Assistenten des pflanzenphysiologischen Instituts Otto Heinz[illegible] begonnen, und nachdem derselbe wegen Krankheit austreten musste, von Dr. Oscar Loew fortgesetzt und zu Ende geführt.

In dem von der lebenden Hefe in verdünnter Phosphorsäure ausgeschiedenen, sowie in den aus den todten Zellen durch Kochen ausgezogenen Stoffen befand sich ein Kohlehydrat, welches zu den Pflanzenschleimen gehört und als Sprosspilzschleim bezeichnet werden kann. Derselbe macht

sammt der Pilzcellulose etwa 37 Proz. der Trockensubstanz untergäriger Bierhefe aus.

Die nächste und wichtigste Frage ist nun die, wie der Pilzschleim in den Hefenzellen vorkomme. Man möchte wohl vermuthen, dass er dem Inhalte angehöre. Diess ist mir aber durchaus unwahrscheinlich; ich bin vielmehr der Ansicht, dass er aus der Membran stamme, womit ich aber nicht sagen will, dass er als solcher in derselben enthalten sei. Die Zellmembranen wie die Stärkekörner bestehen aus abgestuften physikalischen (d. h. micellaren) Modificationen der nämlichen chemischen Verbinduugen; Endglieder dieser Reihen sind Pflanzenschleim, Gummi, Dextrin. Durch Lösungsmittel (kochendes Wasser, verdünnte Säuren, Fermente etc.) werden zuerst die leichter, bei längerer Einwirkung nach und nach die schwieriger löslichen angegriffen. Nur ein sehr kleiner Theil mag schon als Pilzschleim in der Zellmembran enthalten sein.

Für diese Auffassung spricht schon die ungleiche Menge von Pilzschleim, welche man bei verschiedener Behandlung erhält, womit dann auch die ungleiche Menge der gefundenen Cellulose in Beziehung, und zwar im umgekehrten Verhältnisse zur Menge des Schleimes steht. Pasteur erhielt durchschnittlich nur 18,5 Proz., Liebig noch weniger, Payen dagegen 29,4 Proz. Cellulose. Ich glaube, dass die Zellmembran der Hefenzellen, lange genug mit Wasser gekocht, vollständig in Schleim umgewandelt würde. Bei dem zwanzigtägigen Kochen wurde bis zuletzt Schleim ausgezogen, aber in immer kleineren Mengen.

Der Pilzschleim ist löslich in heissem Wasser, fast unlöslich in kaltem. Wenn man Pflanzenzellen in die noch warme Lösung bringt, so treten keine diosmotischen Erscheinungen ein. Beim Eintrocknen der Lösung beobachtet man das Nämliche wie bei einer reinen Gummi- oder Dextrinlösung; die darin liegenden Algenzellen (Spirogyra etc.)

verhalten sich gerade so, als ob sie an der Luft eintrockneten. Der Pilzschleim geht also diosmotisch nicht durch die Zellmembranen hindurch. Durch diesen Umstand wird es ebenfalls einigermassen unwahrscheinlich, dass derselbe im Inhalte sich befinde. Doch darf man daraus nicht etwa geradezu die Unmöglichkeit folgern, dass der Schleim beim Kochen oder in verdünnter Säure die Zellen verlassen könne. Es kommt ja mehrfach vor, dass colloide Stoffe in wässriger neutraler Lösung nicht diosmiren, wohl aber in sauren oder alkalischen Lösungen.

Muss aber der Schleim aus anderen Gründen als ein durch die Lösungsmittel aus der Membran gebildetes Produkt betrachtet werden, so ist der Vorgang leicht verständlich. Das heisse Wasser oder die verdünnte Säure bringt einzelne Partieen der Membran zum Aufquellen, und der so gebildete Schleim wird mechanisch aus der Membran herausgepresst und vertheilt sich als Lösung in der umgebenden Flüssigkeit.

Man könnte bei oberflächlicher Betrachtung der Meinung sein, dass die äusserst dünne Membran der Hefenzellen nicht 37 Proz. der ganzen Trockensubstanz enthalten könne. Die genauere Ueberlegung zeigt indess, dass es nicht wohl anders sein kann. Die frischen Hefenzellen enthalten im Ganzen 83 Wasser und 17 Substanz. [1]) Nur wenige derselben sind ganz mit weichem Plasma erfüllt; bei der Mehrzahl befindet sich in dem Plasma eine mit Wasser gefüllte Vacuole oder auch neben wässriger Zellflüssigkeit ein körniger Plasmainhalt. Aus optischen Gründen, welche sich

1) Nach einem eigens hiefür angestellten Versuch von Dr. Walter Nägeli, welcher eine kleine Menge einer ganz reinen Hefe durch 18 Stunden langes Stehenlassen auf dem Filter vollständig von dem anhängenden Wasser befreite und dann von 8,29 gr. feuchter Masse, welche bei 100° getrocknet wurde, 1,41 gr. (somit 17 Proz.) Substanz erhielt.

aus der Vergleichung von jüngern mit Inhalt erfüllten mit alten inhaltslosen Zellen ergeben, sowie aus dem Umstande, dass die Membran der Bierhefezellen chemischen Auflösungsmitteln einen verhältnissmässig starken Widerstand leistet und sich dadurch als ziemlich dicht erweist, möchte ich schliessen, dass die Membran in der Raumeinheit ziemlich mehr Substanz enthalte als der durchschnittliche Inhalt. Es dürften sich die 83 Proz. Wasser der Hefe so auf Inhalt und Membran vertheilen, dass auf jenen 86, auf diese 75 Proz. kommen, so dass die Membran 3-mal, der Inhalt 6-mal soviel Wasser enthält als Substanz. Unter dieser Voraussetzung berechnet sich die Dicke der Membran einer 10 Mik. (1/100 mm.) grossen Bierhefenzelle zu 0,45 Mik. (1/2200 mm.), sodass sie also nur den 22ten Theil des Zellendurchmessers (den 11ten Theil des Radius) ausmacht.

Die untersuchte Bierhefe war ziemlich arm an Stickstoff (7,5 — 8 Proz. der aschenhaltigen Trockensubstanz). Eine sehr stickstoffreiche Oberhefe (mit fast 12 Proz. Stickstoff), die fast ganz aus jungen, mit Plasma erfüllten Zellen besteht, enthält gegen 75 Proz. Albuminate und wenig mehr als 20 Proz. Cellulose und Pilzschleim. Die Membrandicke kann hier unter der obigen Annahme kaum 0,2 Mik. (1/5000 mm.), also kaum den 50ten Theil des Zellendurchmessers betragen.

Nehmen wir aber an, dass Membran und Inhalt gleich wasserhaltig seien, was sicher für die stickstoffärmere und ältere Hefe nicht richtig ist, so würde bei der Hefe mit 7,5 — 8 Proz. Stickstoff auf einen Zellendurchmesser von 10 mm. die Wanddicke 0,8 Mik. (1/12,5 des Durchmessers) bei der Hefe mit fast 12 Proz. Stickstoff kaum 0,4 Mik' (1/25 des Durchmessers) ausmachen.

Es ist nun zwar aus optischen Gründen unmöglich, genau die Dicke einer sehr dünnen Zellmembran zu bestimmen. Vielfache Uebung und Vergleichung von Ob-

jekten, die eine sichere Messung zulassen, mit solchen, w. diess nicht mehr möglich ist, erlauben indess eine annähernde Schätzung. Diese ist bei inhaltslosen Hefenzellen und bei solchen mit körnigem Inhalte möglich, und zeigt uns, dass die Zellmembran unmöglich noch dünner, somit ihr Gehalt an Substanz noch geringer angenommen werden darf, als es bei den vorstehenden Berechnungen geschehen ist.

Nach dieser Auseinandersetzung glaube ich es als im höchsten Grade wahrscheinlich aussprechen zu können, dass der in den Auszügen befindliche Pilzschleim aus der Membran stammt; und dass in dem Inhalte keine Kohlenhydrate in nennenswerther Menge enthalten sind, da eine Glykoseform nur in Spuren vorkommt.[2])

Ueber den Pilzschleim der Sprosshefe bemerke ich noch, dass derselbe aus der heissen Lösung sich in mikroskopischen Kugeln von sehr ungleicher Grösse ausscheidet. Dieselben enthalten sehr viel Wasser, da sie das Licht wenig stärker brechen als das umgebende Wasser. Unter dem Polarisationsmikroskop erweisen sie sich als einfachbrechend, was möglicher Weise nur eine Folge ihres grossen Wassergehaltes ist. Jod färbt die Schleimkugeln braunroth, während die Zellmembran nicht gefärbt wird; es verhält sich damit wie mit der farblosen Stärkemodifikation (Amylocellulose), welche nach dem Auflockern in Amylodextrin ebenfalls auf Jod reagirt. Wenn man zu den Schleimkugeln etwas Säure oder ein saures Salz (Weinstein) bringt, so lösen sie sich wieder. Diess ist auch mit den durch Jod gefärbten Kugeln der Fall. Diese fliessen unter dem Mikroskop zuerst in

---

2) Schützenberger (die Gährungserscheinungen 1876) sagt ohne ersichtliche Motivirung: „Ist dieses Gummi nicht bereits fertig gebildet in der frischen Hefe enthalten, so kann es nur dadurch entstanden sein, dass ein zusammengesetzter Körper aus der Familie der Glykoside zersetzt worden ist, oder dass ein unlösliches Kohlenhydrat, das jedoch nicht Cellulose ist, eine moleculare Umsetzung erfahren hat."

rössere Tropfen zusammen, verändern je nach den Strömungen in der Flüssigkeit ihre Gestalt und verschwinden lann gänzlich.

Die Zellmembran der Essigmutter (Mycoderma) und der ibrigen gallert- oder schleimartigen Spaltpilze schwankt rücksichtlich der Weichheit zwischen der Cellulose und dem Pilzschleim der Sprosshefe. Es besteht jedoch zwischen der Membran der Spaltpilze und derjenigen der Sprosspilze nicht bloss eine gradweise sondern eine qualitative Verschiedenheit, indem die Cellulose der Sprosspilze gegen Kupferoxydammoniak eine grössere, gegen Säuren und heisses Wasser eine geringere Widerstandsfähigkeit zeigt als diejenige der Spaltpilze.

Wir müssen also die Sprosspilzcellulose von der Spaltpilzcellulose und demzufolge auch den Sprosspilzschleim von dem Spaltpilzschleim unterscheiden. Den Spaltpilzschleim (Milchsäuregummi, Gärungsgummi) finden wir bei vielen Spaltpilzvegetationen, am schönsten und reichlichsten bei der sogenannten schleimigen Gärung. Er bildet hier aber, wie auch bei allen übrigen Spaltpilzvegetationen, keine Lösung; auch ist er sicher kein Gärungsprodukt, wie man bis jetzt irrthümlich angenommen. Der Schleim, der bei der Mannit- und Milchsäuregärung zuweilen entsteht, ist nichts anderes als die sehr weichen und schleimigen Membranen der Spaltpilze. Er bildet grössere und kleinere Massen, deren Abgrenzung gegen das Wasser man zuweilen ziemlich deutlich sieht, und deren Anwesenheit oft sehr schön daran erkannt wird, dass die aufsteigenden Gasblasen im Wasser (neben den Schleimmassen) sich rasch, sowie sie aber in eine Schleimmasse gerathen, sehr langsam bewegen, manchmal selbst darin stecken bleiben.[3])

3) Ob das „Gärungsgummi" (die schleimige Cellulose der Spaltpilze) identisch ist mit dem aus den Runkelrüben erhaltenen Dextran,

Unter den stickstofflosen Verbindungen des Inhalts nimmt das Fett die erste Stelle ein. Die bisherigen Angaben über die Menge desselben waren allgemein zu gering. Die Behandlung der Bierhefe mit concentrirter Salzsäure, welche die Membran zerstört und das Fett in Fettsäuren überführt, ergibt beispielweise 3 mal so viel Fett als Kochen mit Aether. Dass beim Kochen mit Weingeist oder Aether das Fett nur langsam und unvollständig ausgezogen wird, dürfte wohl darin seinen Grund haben, das Membran und Plasma, welche das Fett einschliessen, im wasserfreien Zustande die genannten Flüssigkeiten schwer durchgehen lassen, und weil die einen Fettpartieen besser umhüllt und geschützt sind als die andern. Es ist aber wahrscheinlich, dass eine hinreichend lange Behandlung mit Alkohol und Aether das Fett zuletzt vollständig ausziehen würde.

Wenn der Cellulosegehalt und der Fettgehalt (jener mit 37, dieser mit 5 Proz.) von der Elementaranalyse einer Hefe mit 7,5—8 Proz. Stickstoff abgezogen werden, so bleibt ein Rest, welcher ziemlich gut mit der Zusammensetzung der Albuminate übereinstimmt. Das Plasma der Bierhefenzellen muss also fast gänzlich aus Albuminaten bestehen. Die chemische Untersuchung, soweit sie überhaupt bis jetzt möglich ist, bestätigt diesen Schluss vollkommen

Die Peptone machen nur etwa 2 Prozente des Inhaltes aus. Bei der Involution der Zellen wird aber bis zum wirklichen Absterben derselben die ganze oder beinahe ganze Menge der Albuminate als Peptone ausgeschieden; ebenso werden die Albuminate durch fortgesetztes Kochen nach und nach in Peptone übergeführt und ausgezogen.

Bemerkenswerth ist, dass das Nämliche auch durch Pepsin und dann in kürzerer Zeit erreicht wird. Frische lebende so wie durch Kochen getödtete Bierhefe in salz-

---

bleibt vorderhand zweifelhaft und ist wohl nur für den Fall wahrscheinlich, als das letztere ein Produkt „schleimiger Gärung" sein sollte.

saurer Pepsinlösung giebt bei der Temperatur des Brütkastens (ungefähr 35° C.) ihre Albuminate nach und nach als Peptone ab. Diese Wirkung ist zugleich die beste Entscheidung für die noch streitige Frage, ob Pepsin durch Membranen diosmire. Man könnte zwar die Vermuthung hegen, dass die Salzsäure allein in die Zellen eindringe und die Umwandlung ausführe. Um darüber Gewissheit zu erlangen, wurden gleichzeitige Controlversuche angestellt, indem sowohl lebende als getödtete Hefe in der nämlichen salzsauren, aber pepsinfreien Lösung neben dem eigentlichen Versuch sich im Brütkasten befand. Dieselbe gab fast keine stickstoffhaltigen Verbindungen an das Wasser ab. Aus diesen Thatsachen ergiebt sich mit vollständiger Gewissheit, dass Pepsin in salzsaurer Lösung durch Pflanzenzellmembranen diosmirt, und es dürfte wohl die Angabe von Wittich, dass Pepsin nur bei Gegenwart von freien Säuren durch Membranen hindurchgehe, allgemein richtig sein.

Die Hefenzellen scheiden die Albuminate, die sie verlieren, nicht vollständig als Peptone aus. Ein sehr kleiner Theil derselben wird in Ferment (Invertin) umgewandelt. Ein anderer kleiner Theil erfährt eine andere Zersetzung, wie sich aus den geringen Mengen von Leucin, Guanin, Xanthin und Sarkin ergibt, die in dem mit Hefe gestandenen säurehaltigen Wasser gefunden wurden. Die letzteren Verbindungen sind durch die Einwirkung des Sauerstoffs entstanden und als Produkte der Respiration zu betrachten. Als solche bilden sie sich innerhalb der Zellen und gehören vorübergehend dem Zelleninhalt an. In sauren Flüssigkeiten werden auch Albuminate als solche in geringer Menge ausgeschieden.

Es ist nun möglich, sich eine Vorstellung von dem chemischen Verhalten der Hefezellen zu machen. Untergärige Bierhefe mit nahezu 8 Proz. Stickstoff hat beispielsweise folgende chemische Zusammensetzung:

Cellulose mit Pflanzenschleim (die Zellmembran bildend)	37
Proteinstoffe:	
a) gewöhnliches Albumin	36
b) leicht zersetzbarer, glutencaseinartiger P. .	9
Peptone durch Bleiessig fällbar	2
Fett	5
Asche	7
Extractivstoffe etc.	4
	100

Unter dem mit 4 Proz. aufgeführten Rest befinden sich durch Bleiessig nicht fällbare Extraktivstoffe, worunter ein peptonartiger Körper; — ferner geringe Mengen von Invertin, Leucin und Traubenzucker, noch geringere Mengen von Glycerin, Bernsteinsäure, Cholesterin, Guanin, Xanthin, Sarkin und wahrscheinlich Inosit, endlich Spuren von Alkohol.

Verschiedene irrthümliche Angaben über Verbindungen, die in der Hefe vorkommen sollen, sind nach den vorstehenden Untersuchungen zu berichtigen. So fällte Schlossberger aus dem Auszug mit schwacher Kalilauge durch Neutralisiren mit Säure einen stickstoffarmen Körper, in welchem Schützenberger sein Hemiprotein zu erkennen glaubt. Der Niederschlag muste nach der stattgehabten Procedur ein Gemenge von Pilzschleim und Albuminaten sein. — Verschiedene Forscher geben an, dass der wässerige Auszug (selbst wenn die Hefe mit Eiswasser ausgewaschen wird) ansehnliche Mengen von Tyrosin und Leucin enthalte. Es sind dies Produkte der Fäulniss, welche aus den von den Hefezellen ausgeschiedenen Peptonen stammen.

Bezüglich der angeführten, die Hefe zusammensetzenden Stoffe giebt es keine constanten Verhältnisse. Die Menge, in der jeder einzelne Stoff vorkommt, wechselt einmal nach dem Alterszustande, in welchem sich die Hefe befindet, ferner nach allen äusseren Einflüssen, welche auf dieselbe einwirken.

Was den Alterszustand betrifft, so finden sich zwar fast in jeder Hefe alle Stadien von den jüngsten bis zu den ältesten abgestorbenen Zellen. Aber gewöhnlich überwiegt ein Stadium ganz bedeutend und verleiht der Hefe ihren bestimmten Character. Im Allgemeinen zeichnet sich die jugendliche Hefe durch einen grossen Gehalt an Albuminaten und Asche, die alterige (s. v. v.) durch einen grossen Gehalt von Cellulose und Fett aus.

Die hier folgenden Untersuchungen sind von Dr. Oscar Loew redigirt. Die dazu verwendete Hefe stammte aus der Grossbrauerei von Gabriel Sedelmayr, welche mit verdankenswerther Bereitwilligkeit möglichst reines Material zur Verfügung stellte.

1. In Weingeist lösliche Bestandtheile der Hefe.

Da Hefe an 50—60 prozentigen Weingeist durchschnittlich etwa 15 Prozent ihres Trockengewichts abgiebt, so wurde eine Untersuchung dieser Bestandtheile vorgenommen. 2,5 Kilogramm Hefeschlamm, der auf dem Filtrum das anhängende Wasser verloren hatte und 16—18 pc. Trockensubstanz enthielt, wurden mit 2 Liter Alkohol von 95 pc. 2 Tage unter häufigem Umschütteln in Berührung gelassen dann mehrere Stunden bei 60—65° digerirt, abfiltrirt, der Filterinhalt nochmals mit 1,5 Liter Alkohol bei 60° behandelt und beide Filtrate vereinigt. Diese schieden beim Erkalten einen flockigen Körper aus, von welchem nach dem Abdestilliren des Alkohols noch mehr erhalten wurde und welcher vom anhängenden Fett durch Schütteln mit Alkohol und Aether befreit nach dem Trocknen 37,72 grm. wog (circa 9 pc. der trocknen Hefe).

Seine Löslichkeit in Wasser und Alkohol ist nicht bedeutend und nimmt noch mehr mit dem Trocknen ab. Beim Erhitzen verbreitet er den Geruch verbrennenden Horns. Die wässrige Lösung gibt mit Salpetersäure gelbe Flocken,

mit Sublimat, Ferrocyankalium und Essigsäure, sowie Ble
geringe Niederschläge, mit salpetersaurem Quecksilbe
einen beim Erhitzen mit etwas Kalinitrit sich röthenden
derschlag und liefert mit alkalischer Kupferoxydlösung
violette Färbung. In alkalischen Flüssigkeiten löst er
leicht und Säuren fällen ihn daraus in Flocken. Bei län
Berührung mit schwacher Kalilösung (1—2 prozentig
nügt) erleidet er eine wenn auch wenig weit gehende
setzung unter Abgabe von Schwefelwasserstoff, leicht mit
papier beim Ansäuern der Flüssigkeit erkennbar.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass dieser Kö
zu den Proteinstoffen zält und zwar erinnert seine Lös
keit in heissem Weingeist sehr an das von Ritthause
den Getreidearten aufgefundene Glutencasein, dem er
auch in seinen übrigen Eigenschaften nähert. Auffallen
die Leichtigkeit, mit welcher er sogar ohne Temperatu
höhung durch sehr verdünnte Kalilösung eine Schwefelwas
stoffabspaltung erfährt; er unterscheidet sich dadurch
der Hauptmasse des Hefealbuminats, welches unter densel
Bedingungen viel beständiger ist und sich aufs engste
das Eieralbumin anschliesst. [1])

Nach Ausscheidung dieses Proteinstoffes aus dem w
geistigen Hefeextract wurde die mit Barytwasser neutrali

---

1) Hieraus wird wohl die Angabe Schlossbergers erklärlich das
Albuminat der Hefe sich durch besonders leichte Zersetzbarkeit
zeichne (Ann. Chem. Ph. Bd. 80) und schon bei Behandlung mit
dünnter Kalilösung den Schwefel und einen Theil des Stickstoffs
liere; er hatte in seinem alkalischen Auszug wohl vorzugsweise j
leicht zersetzbare glutencaseinartige Albuminat. Säuren fällten da
einen Körper mit nur 13,9 pc. N. Ich habe nach Entfernung j
Körpers mit verdünntem Kali einen Körper der Hefe entzogen, der d
Neutralisation der Lösung mit Salzsäure gefällt, noch 15,30 pc. N.
hielt [0,230 grm. gab 0,248 Pt.] und mindestens so beständig
wie Eieralbumin.

Flüssigkeit mit Bleiessig gefällt (p). Das Filtrat nach Ausfällung des Bleis und Baryts eingedampft, gab eine bräunliche hygroscopische, im Geruch an Brodrinde und Fleischextract erinnernde, im starkem Alkohol theilweise lösliche Masse, welche viel essigsaures Kali — aus Zersetzung der Hefephosphate mit Bleiessig hervorgegangen — enthielt. Nach Entfernung des grössten Theils des Kali mittelst Schwefelsäure und Alkohol fiel auf Zusatz von Aether-Alkohol ein zäher Syrup aus, die im wesentlichen aus Pepton bestand und zwar dem sogenannten c-Pepton Meissners; denn Ferrocyankalium in essigsaurer Lösung fällte ihn nicht, während Millons und die sogenannte Biuret-reaction über die Natur des Körpers keinen Zweifel aufkommen liessen. Weder durch Kochen mit Kupferoxydhydrat noch durch partielle Fällung mit Quecksilberoxydacetat konnten krystallisirbare Beimengungen aufgefunden werden; Glutaminsäure und Asparaginsäure waren sicherlich nicht vorhanden.

Die von dem erwähnten Syrup abgegossene alkoholisch-aetherische Flüssigkeit liess bei längerem Stehen eine geringe Menge eines weisslichen Pulvers fallen, das sich als reines Leucin erwies. Das Filtrat hievon der Destillation unterworfen, der Rückstand in wenig Alkohol gelöst und dann mit viel Aether versetzt schied einen bräunlichen Syrup (s) aus, während die aetherische Schichte beim Verdunsten einen zähflüssigen nicht trocknenden Rückstand lieferte, der beim Erhitzen den spezifischen Acroleingeruch entwickelte, also auf Glycerin als weiteren Bestandtheil deutete.

Der Syrup (s) wurde auf dem Wasserbade vom Alkohol befreit, die mit Kali neutralisirte Lösung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd gefällt und das Filtrat mit Schwefelwasserstoff behandelt. Letztere lieferte ausser einer geringen Menge Leucin im Wesentlichen Traubenzucker mit allen seinen characteristischen Reactionen, während der Quecksilberniederschlag eine stickstoffreiche Materie enthielt,

welche mit salpetersaurem Silberoxyd einen in Am
unlöslichen Niederschlag gab; die Menge dieses je
der Xanthingruppe angehörigen Körpers, war für ein
Untersuchung zu gering.

Der obenerwähnte Bleiessigniederschlag (p) enthie
phosphorsaurem Bleioxyd 10,1 grm. organische
Nach Behandlung mit Schwefelwasserstoff und Ent
der Phosphorsäure mit Aetzbaryt lieferte das Filtr
dem Einengen einen feinpulvrigen Absatz, der im
lichen aus einem Barytsatz bestand. Mit Salzsäure
nimmt Aether beim Schütteln Bernsteinsäure a
Menge betrug 0,16 grm.[5])

Die vom bernsteinsauren Baryt abfiltrirte Fl
gab mit Alkohol einen voluminösen Niederschlag,
im Wesentlichen aus einer Pepton-Baryt-Verbind
stehend erwies. Die ganze Menge des in frischer H
handenen Peptons übersteigt nicht 2 Procent. Di
suchung ergab also Pepton, Bernsteinsäure, Leucin, T
zucker, Glycerin, und ein in Alkohol lösliches Al

2. In Aether lösliche Bestandtheile der

Ausser einer kurzen Bemerkung Hoppe-Seylers
Abhandlung „Ueber die Constitution des Eiters"
Aether ausser Fett noch Cholesterin und Lecit
der Hefe aufnehme, findet sich in der Literatur kein
Angabe hierüber, wesshalb Versuche angestellt wur

---

5) Dieses würde 0,04 pc. der trocknen Hefe entsprechen, mög
erreicht aber der Gehalt daran das Doppelte. Die hier eing
Untersuchungs-Methode ist qualitativer Art und war nicht a
tative genaue Bestimmungen der in so kleinen Mengen vo
Bestandtheile gerichtet.

6) Med.-chem. Untersuchungen, Heft IV, pag. 500.

nun ergaben, dass wohl Cholesterin, aber nicht Lecithin [7]) zu den Hefebestandtheilen gehört. —

Schüttelt man Hefeschlamm mit dem gleichen bis doppelten Volum Aether, so bildet sich ein breiförmiges Gemenge, aus welchem sich auch nach mehrtägigem Stehen nichts absondert. Nur durch Zugabe von Alkohol lässt sich eine Abscheidung der aetherischen (alkoholhaltigen) Schichte bewerkstelligen. Destillirt man aus letzterer den Aether ab, so giebt der alkoholische Rückstand weder direct noch nach weiterem behutsamen Concentriren Reactionen auf Lecithin und ebenso wenig nach Kochen mit Aetzbaryt und Extrahiren des eingedunsteten von letzterem mittelst Kohlensäure befreiten Filtrats mit Alkohol — solche auf Neurin.

Ein Theil des alkoholischen Destillationsrückstandes mit alkoholischer Platinchlorid-Lösung versetzt, gab nach eintägigem Stehen keine Spur einer Lecithinverbindung; der gebildete geringe Niederschlag enthielt ebensowenig Neurin, ein so characteristisches Spaltungsproduct des Lecithins, sondern bestand aus Kaliumplatinchlorid, herrührend von phosphorsaurem Kali, das zu 4 pc. und darüber in der Hefe enthalten ist und in kleiner Menge in die alkoholisch-aetherische Flüssigkeit übergegangen war.

Der nach dem Abdestilliren des Aethers sich aus der alkoholischen Flüssigkeit abscheidende fettige Körper enthielt keine Spur einer organischen Phosphorverbindung, gab aber nach dem Verseifen und Ausschütteln mit Aether feine seideglänzende Nadeln von allen Reactionen des Cholesterins [8]).

---

7) Der Nachweis des Lecithins auch in geringen Mengen ist nicht mit Schwierigkeiten verbunden, wie mir spezielle Vorversuche mit der aus Dotter dargestellten Substanz ergaben.

8) Dieses besass einen schwachen, an Geranium und Bienenwachs erinnernden Beigeruch; die Menge entsprach 0,06 pc. der trocknen Hefe.

Da nun möglicherweise die Abwesenheit von Lecithin in jenem alkoholisch-ätherischem Auszug darauf hätte zurückgeführt werden können, dass dieser Körper durch die feuchte Membran der Hefezelle schwierig diffundirt, so wurde einerseits lufttrockne Hefe der Extraction mit absolutem Alkohol unterworfen, andrerseits Hefeschlamm nach wiederholter Behandlung mit absolutem Alkohol (um möglichst viel Wasser zu entziehen) mit reinem Aether behandelt, allein auch diese Versuche führten zu keinem günstigeren Resultate.

3. Ueber die Bestimmung des Fettgehalts der Hefe.

Die Natur der plasmareichen Hefezelle führte mich zur Vermuthung, dass das Fett, dessen Gehalt zu 2—3 pc. angegeben wird, mittelst der gebräuchlichen Methode der Aetherextraction nicht vollständig erhalten würde und die erhaltenen Zalen zu niedrig seien. Eine genaue Bestimmung war nach meiner Ansicht nur nach vorhergehender Zerstörung der Zellmembran möglich. Der Versuch hat diese Voraussetzung völlig bestätigt; denn während scharfgetrocknete Hefe bei anhaltender Behandlung mit kochendem Aether nur 1,85 pc. flüssiges Fett lieferte, gab eine Portion desselben Materials nach vorheriger Behandlung mit concentrirter Salzsäure 4,6 pc. Fettsäure, welche als Oelsäure angenommen = 5,29 Fett entspricht.

Dass Verfahren ist kurz folgendes:

Bei 100° getrocknete Hefe (etwa 2—3 grm.) wird auf dem Wasserbade mehreremale mit concentrirter Salzsäure abgedampft, die resultirende schwarze Masse mit Wasser auf dem Filter ausgewaschen, dann mit absolutem Alkohol erwärmt und nach dem Abfiltriren desselben mit Aether digerirt. Der alkoholische und ätherische Auszug werden vereinigt und der Destillation unterworfen, der Rückstand

mit Chloroform behandelt, die Lösung von der gewöhnlich nur geringen Menge ungelöster Substanz abfiltrirt und im tarirten Kölbchen der Chloroform abdestillirt. Die erhaltene Substanz ist nun kein fettsaures Glycerin mehr, sondern durch die verhältnissmässig grosse Menge Salzsäure in Freiheit gesetzte Fettsäure. [9])

Da diese ein bei gewöhnlicher Temperatur flüssiges Fett liefert, besteht sie wohl zum grösseren Theile aus Oelsäure. Bei dem hohen Moleculargewicht der Fettsäuren im engeren Sinne und der verhältnissmässig kleinen Differenz mit dem der entsprechenden Glycerinverbindungen kommt eine nur geringe Beimengung von Palmitin- oder Stearinsäure kaum in Betracht; denn es liefern:

1 Theil Oleinsäure = 1,1518 Olein,
1 Theil Stearinsäure = 1,1461 Stearin,
1 Theil Palmitinsäure = 1,2644 Palmitin.

Wenn aber letztre Beimengungen in grössrer Menge vorhanden sind, so gebe man in ähnlichen Fällen einfach den Gehalt an Fettsäuren an, auf welchen ja ohnehin bei Fettbestimmungen der Hauptnachdruck beruht; kommt es auf den Vergleich mit dem durch Aether extratirten Fett an, so verseife man letzteres ebenfalls.

4. Bemerkungen über das Invertin und „Nuclein" der Hefe.

Es wurden mehrere Versuche angestellt, die ungeformten Fermente der Hefezelle nach der von Hüfner für andre Fälle angegebenen Methode (Extraction mit Glycerin und Fällen des Auszugs mit Alkohol) darzustellen; es konnten indess ausser der Eigenschaft, Rohrzucker zu invertiren, keine anderen fermentativen Wirkungen an

---

9) Um zu entscheiden, ob der Fettsäure noch unverseiftes Fett beigemengt sei, wurden 0,096 grm. mit alkoholischer Kalilösung behandelt, eingedampft und nach Versetzen mit Salzsäure mit Cloroform extrahirt; die Differenz betrug nur 0,002 grm.

dem erhaltenen Präparate wahrgenommen werden. Bezüglich dieses Fermentes nun — dem sogenannten Invertin — wurde neuerdings von M. Barth [10]) eine Mittheilung gemacht. Er stellt es dar durch Extrahiren von scharf getrockneter Hefe mit Wasser und Fällen des Auszugs mit starkem Alkohol. Bei dem nicht unbeträchtlichen Gehalte der Hefe an Pflanzenschleim, musste dieser naturgemäss das so erhaltene Präparat verunreinigen, wofür nicht nur die auffallend geringe Inversionsfähigkeit, sondern auch der sehr niedrige Stickstoffgehalt — B. fand nur 6 pc. — spricht. —

Nach einer Angabe Hoppe-Seylers [11]) kommt in der Hefe trotz des Mangels eines Zellkerns doch dieselbe Substanz vor, aus welcher die Kerne der Blut- und Eiterkörperchen bestehen und welche man „Nuclein" nannte. Trotzdem schon von mehreren Seiten die Individualität des Nucleins in Frage gestellt wurde, versuchte ich die von Hoppe für die Hefe gemachten Angaben zu prüfen. Nach Behandlung mit Aether, Alkohol und Kochsalzlösung — genau nach Hoppe's Verfahren — gab die Hefe an verdünntes Aetznatron einen durch Salzsäure fällbaren Körper ab, der sich bei genauer Prüfung in nichts von Eiweiss mit geringer Beimengung von phosphorsaurem Kalk und Magnesia unterschied. Bei dem beträchtlichen Gehalt der Hefe an Phosphaten kann eine geringe Verunreinigung mit „Phosphor", dessen Anwesenheit Hoppe zur Annahme des Nucleins in der Hefe bestimmt hatte, nicht überraschen.

5. Ueber den Pilzschleim und das Verhalten der Hefe bei wiederholter Behandlung mit heissem Wasser.

Mein Vorgänger Heinrich hatte eine Untersuchung über das Verhalten der Hefe bei längerer und wiederholter Be-

10) Ber. Deutsch. Chem. Ges. März 1878.

11) Medic.-chem. Untersuchungen Heft IV. p. 500 und Handbuch der physiolog.-chem. Analyse pag. 263.

handlung mit kochendem Wasser begonnen und die Extracte von elf aufeinander folgenden Abkochungen von einer 594 grm. Trockensubstanz entsprechenden Portion Hefe dargestellt; die angewandten Wassermengen variirten von 2—4 Liter, die Zeitdauer von anfangs wenigen Stunden bis 1 und 2 Tage bei den späteren Operationen. Da Heinrich an der weiteren Untersuchung der Extracte durch Krankheit verhindert wurde, hatte ich den Auftrag erhalten diese vorzunehmen. Im Wesentlichen bestanden dieselben aus Peptonen, wie sie bei längerem Kochen von Eiweiss mit Wasser erhalten werden, ferner einer eigenthümlichen Gummisubstanz oder Pflanzenschleim und Mineralsalzen. Stickstoff- und Aschegehalt nahmen mit der fortschreitenden Extraction ab, wogegen die Menge des Schleims relativ zunahm, wie aus folgender Tabelle ersichtlich wird:

Auszug	Gewicht des Extracts bei 100° getr.	Asche in Procenten	Stickstoff in Procenten
1	118,0	19,95	6,52
2	fehlte	—	—
3	16,79	9,49	10,32
4	12,25	7,66	10,57
5	10,12	6,07	9,80
6	6,14	5,17	9,25
7	10,61	4,52	8,15
8	fehlte	—	—
9	20,52	3,34	7,69
10	17,82	2,24	6,67
11	—	1,63	5,10

Nach der letzten Behandlung hinterblieben 286 grm. (Trockensubstanz) mit einem wesentlich verminderten Stickstoffgehalte.

Um den Pilzschleim zu isoliren wurde mittelst Blei-essig die Phosphorsäure und a- und b-Pepton entfernt un das Filtrat nach dem Entbleien und Concentriren heiss m dem gleichen Volum heissen Alkohols vermischt, die Flüssig keit von der ausgeschiedenen zähen Masse noch heiss a gegossen, und letztere durch wiederholte Ausfällung a heisser Lösung rein und völlig weiss erhalten.[12]) Die a koholischen Flüssigkeiten enthalten vorzüglich c-Pepto neben einem syrupösen Körper und Spuren Leucin.

Dieser Hefeschleim wurde zuerst von Béchamp aufg funden,[13]) aber nicht näher untersucht. In seinen Eige schaften schliesst er sich am nächsten an das in den Runke rüben aufgefundene sogenannte Dextran an, beide gebe mit alkalischer Kupferlösung einen käsigen hellblauen Ni derschlag. Durch das optische Verhalten sind sie jedoc wesentlich unterschieden, das Drehungsvermögen des De trans beträgt + 223°, das des Hefeschleims nur + 78°.[1] In heissem Wasser löst sich letztrer leicht zu einer schwac opalisirenden Lösung auf, in kaltem nur schwierig. Durc Pergamentpapier diffundirt er, wenn auch ungemein lang sam. Er reducirt Fehlings Lösung nicht (Unterschied vo Dextrin) und wird mit Säuren nur langsam in Glycose ver wandelt. Mit Gerbsäure giebt er keinen Niederschla (Unterschied von gelöster Stärke), ebensowenig mit Bora (Unterschied von Arabin). Jod wird langsam unter Braun färbung gelöst. Bleiessig fällt die concentrirte Lösun nicht (Unterschied von Dextran), wohl aber nach Zusat von Kali. Salpetersäure führt ihn erst in eine syrupö

---

12) Aus den späteren Abkochungen lässt sich die Substanz vi leichter farblos erhalten, als aus den ersten, welche von viel dunkler Färbung sind.

13) Compt. rend. 74. p. 186.

14) Béchamp, dessen Substanz vielleicht nicht völlig wasserfrei ge wogen wurde, giebt nur + 58 bis 61° an.

Säure (Zuckersäure?), dann in Oxalsäure über. Schleimsäure, welche Béchamp beobachtet haben will, entsteht hiebei durchaus nicht.

Bei 110° getrocknet gaben 0,518 grm. 0,3078 H_2O und 0,8235 CO_2, entsprechend 6,60 pc. H und 41,43 pc. C woraus sich am nächsten die Formel $C_{18}H_{34}O_{17} = 3(C_6H_{10}O_5) + 2H_2O$ ableiten lässt:

	Berechnet für		Gefunden
	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_{18}H_{34}O_{17}$	
C . . .	42,10	41,38	41,43
H . . .	6,43	6,51	6,60

Um womöglich das Moleculargewicht festzustellen, wurden die Verbindungen mit Blei und Kupfer dargestellt, erstre durch Fällung mit einer Lösung von Bleizucker in verdünntem Kali, letztre durch Fällung mit einer Mischung von Kupferacetat, weinsaurem Kali und Aetzkali und Waschen mit Weingeist; allein die Niederschläge waren stets kalihaltig, die Kupferverbindung enthielt 12,05 pc. Cu und 3,39 pc. K.

6. Ueber die Cellulose der Sprosshefe und Essigmutter.

Nach Frémy [15]) ist die Cellulose der Champignons unlöslich in Kupferoxydammoniak, nach Liebig [16]) ist dieses auch bei der Hefecellulose der Fall und nach Schlossberger besitzt letztre ferner die Fähigkeit, durch Einwirkung von Säuren sehr leicht in Zucker überzugehen.

Eine Vergleichung der aus Sprosshefe wie aus Essigmutter (Mycoderma aceti) dargestellten Cellulose ergab ein

15) Jahresb. 1869.

16) A. Mayer, Lehrb. der Gärungschemie p. 97.

ungleiches Verhalten. Während die Sprosshefencellulose leicht durch Säuren angreifbar und andrerseits völlig unlöslich in Kupferoxydammoniak ist, erweist sich die Essigmutter-Cellulose von einer grossen Resistenzfähigkeit gegen Säuren und wird, wenn auch sehr langsam von Kupferoxydammoniak gelöst.

Eine Reindarstellung der Sprosshefencellulose ohne bedeutenden Verlust scheint besondere Schwierigkeiten zu haben. Schlossberger behandelte die Hefe mit Kali und Essigsäure, allein sein Präparat enthielt noch 0,5 pc. N. Um ein besseres Resultat zu erzielen, substituirte ich warme, mässig starke Salzsäure für die Essigsäure und reducirte dadurch allerdings den N-gehalt auf eine Spur, erlitt aber durch Zuckerbildung einen beträchtlichen Verlust. Dieses Präparat diente zu mehreren Vergleichen; es ist völlig unlöslich in Kupferoxydammoniak.

Weitere Versuche, die Albuminate mittelst verdünnter Lösung von Chlorkalk oder chlorige Säure zu zerstören, führten ebenfalls nicht zum Ziele: die erhaltenen anscheinend inhaltlosen Zellmembranen wurden nachher durch Kali stark verändert und theilweise gelöst, sie waren jedenfalls [redacted]

zum Ziele gelangen, schlug wegen racher Entwicklung von Spaltspilzen fehl.

Die Reindarstellung der Essigmutter Cellulose ist mit Salzsäure und Natronlauge leicht ohne erheblichen Substanzverlust auszuführen, da sie resistenter gegen Säuren ist. Diese Cellulose bildet weisse bis leicht röthliche papierdünne häutige Massen von schwachem Glanze. Kochende Salpetersäure greift sie nur langsam an, concentrirte Schwefelsäure löst sie unter Bräunung und Zuckerbildung allmälig auf. 0,36 grm. wurden nach 18 Stunden von 20 cc. Kupferoxydammoniak völlig gelöst, während für die gleiche Menge Filtrirpapier 2 Stunden hinreichten, den fast momentan gebildeten Brei in eine Lösung zu verwandeln. —

0,2855 grm. dieser Cellulose gaben 0,1700 H_2O und 0,4611 CO_2, entsprechend 44,03 pc. C und 6,61 pc. H. Die Formel $C_6H_{10}O_5$ verlangt: 44,44 C und 6,20 H.

7. Ueber die Producte der Hefe bei der Involution.

Eine Mischung von mit Wasser auf 9,15 Liter verdünnter Hefe (entsprechend 529,2 grm. Trockensubstanz) mit 91,5 grm. Phosphorsäure, welche 13 Monate in einer zu ²/₃ damit angefüllten Flasche sich selbst überlassen worden war, wurde mir zur Untersuchung von Herrn Professor Dr. v. Nägeli übergeben.

Die Flüssigkeit war geruchlos und von gelblicher Farbe, der Bodensatz schlammig, vom Aussehen frischer Hefe, aber unfähig, Zucker in Gärung zu versetzen. Während der Gehalt an N = 7,82 pc. und an Asche = 6,45 pc. bei der angewandten Hefe betragen hatte, enthielt sie jetzt nur noch 6,84 pc. N. und 0,43 pc. Asche. Das Extract musste desshalb N-reicher sein als die verwendete Hefe und in der That wurde derselbe in einer abgemessenen eingetrockneten Probe zu 8,98 pc. gefunden.

Eine Trockensubstanzbestimmung mit einem Theil de zu einem gewissen Volum mit Wasser aufgeschüttelte Bodensatzes ergab das Gewicht des letzteren zu 331,3 grm es hatte also die Hefe 197,9 grm. an die verdünnte Pho phorsäure abgegeben.

Bei der Untersuchung der Flüssigkeit wurde zunäch ein Strom kohlensäurefreier Luft durchgesaugt und Kalkwasser geleitet, wodurch sich die Anwesenheit vo Kohlensäure ergab.

Ein Achtel wurde der wiederholten fractionirten Desti lation unterworfen und aus dem letzten Destillat dur kohlensaures Kali Alkohol abgeschieden, sein Volum betru 0,9 cc. Der ursprüngliche Retorteninhalt wurde nun m den andern $^7/_8$ vereinigt, mit Kalkmilch die freie Phosphor säure entfernt und das Filtrat zur Syrupconsistenz eing engt, wobei sich das in geringer Menge vorhandene Eiwei in schleimigen Häuten abschied.

Nach mehreren vergeblichen Versuchen hieraus dire gut characterisirte Körper abzuscheiden [17]) wurde die Lösun mit Bleiessig so lange versetzt als ein Niederschlag ent stand (P).

Das Filtrat wurde entbleit, concentrirt und mit heisse Alkohol von mässiger Stärke behandelt, wobei im Wesent lichen der schon erwähnte Pilzschleim als zähe Masse un gelöst blieb, während die heiss davon abgegossene Flüssig keit beim Erkalten einen amorphen in Wasser leicht lö lichen Körper fallen liess, der sich wie das b-Pepton Meiss ners verhielt; denn ausser Millons- und der sogenannte Biuretreaction gab er mit Ferrocyankalium und Essigsäur nach mehreren Minuten einen starken Niederschlag.

---

17) Ein Theil mit Alkohol extrahirt, gab an letztrem unter ander geringe Mengen von Traubenzucker ab.

Da das Filtrat von diesem Pepton nach dem Concentriren und längerem Stehen keine krystallinischen Produkte lieferte, wurde es nach dem Verdünnen mit Wasser mit Quecksilberoxydnitrat — bei gleichzeitigem Neutralhalten mit Barytwasser — gefällt (H), das Filtrat hievon nach der Behandlung mit Schwefelwasserstoff eingeengt, und dann mittelst Alkohol von dem grössten Theile des Kali- und Barytnitrats befreit. Wird nun diese alkoholische Flüssigkeit mit etwas Aether versetzt, so scheidet sich ein hellgelber Syrup aus, in welchem sich nach längerem Stehen neben noch vorhandenen Nitraten kleine Warzen eines N-freien indifferenten organischen Körpers bilden, der beim Umkrystallisiren dentritische Formen zeigt, an der Luft etwas verwittert und beim Erhitzen einen acetonartigen Geruch verbreitet. Er reducirt Fehlings Lösung auch nach dem Kochen mit verdünnter Salzsäure nicht. Meine Vermuthung Inosit vor mir zu haben konnte ich wegen zu geringer Menge und der mangelnden Schärfe der Scherer'schen Reaction nicht näher prüfen. Der übrige Theil des Syrups lieferte mit Kupferoxydhydrat gekocht eine in blaugrünen Prismen krystallisirende Verbindung in geringer Menge, während die mit Aether versetzte alkoholische Flüssigkeit, aus der sich jener Syrup abgeschieden hatte, beim Verdampfen geringe Mengen Leucin gab. Tyrosin fehlte.

Der Niederschlag P. Dieser obenerwähnte, mit Bleiessig erhaltene Niederschlag wurde nach dem Auswaschen mit Schwefelwasserstoff zersetzt und das zum Syrup concentrirte Filtrat mit Alkohol heiss extrahirt, wobei eine wesentlich aus Pepton bestehende Masse ungelöst blieb und sich beim Erkalten des Filtrats bräunliche Flocken, deren Verhalten sie als a-Pepton Meissners erkennen liessen, abschieden. Nach dem Abdestilliren des Alkohols wurde mit Barytwasser die Phosphorsäure entfernt und das Filtrat

auf ein kleines Volum eingeengt.[18]) Nach mehreren Tage hatte sich ein schwerlösliches bräunliches Pulver abgeschie den, welches sowohl mit Salz- und Salpetersäure krystalli sirende Verbindungen lieferte, als auch mit salpetersaurem Silber, letztre in Ammoniak unlöslich und aus heisser Sal petersäure in schönen Nadeln sich abscheidend. Mit essig saurem Kupferoxyd gekocht entsteht ein flockiger hellgrün Niederschlag. Während es in den fixen Alkalien und Mi neralsäuren leicht löslich ist, wird es von Ammoniak kau mehr gelöst als von Wasser und hierin liegt wohl e Hauptunterschied des Guanins vom Xanthin und Sarki

Die syrupöse Mutterlauge, aus welcher sich das Guan abgeschieden hatte, enthielt noch etwas Pepton und wide stand allen Versuchen, krystallisirbare Verbindungen dara zu gewinnen.

Der Niederschlag H. In heissem Wasser aufg schlemmt und durch einen Strom Schwefelwasserstoff zer setzt, lieferte der Quecksilberniederschlag (H) ein Filtra welches beim Einengen ein schwerlösliches Pulver falle liess, welches mit Salpetersäure die charakteristische Xan thinreaction gab. Mit wenig Wasser gekocht löst sich ein Theil auf und schied sich beim Erkalten wiede aus, Sarkin, der andre Theil war auch in kochende Wasser sehr schwer löslich, wogegen leicht in Ammonia und Säuren, Xanthin.[19]) Beide Körper gaben die cha racteristischen in Ammoniak unlöslichen Silbersalze; vo erstrem wurde ferner die Salzsäure- und Kupferverbindun behufs Identificirung dargestellt. Das Filtrat von diese

---

18) Das während des Eindampfens gebildete Sediment gab nac Zugabe von Säure an Aether kleine Blättchen vom Verhalten der Bern steinsäure ab, es war ohne Zweifel bernsteinsaurer Kalk. —

19) Xanthin, Sarkin, Guanin (und Carnin) wurden bereits vo Schützenberger vor mehreren Jahren in „erweichter Hefe" aufgefunden

schwerlöslichen Körpern wurde nach dem Eindampfen mit heissem Alkohol extrahirt (a), wobei eine die Peptonreactionen gebende Masse zurückblieb, welche in Folge der Nichtfällbarkeit mit Salpetersäure sowohl als durch Ferrocyankalium, wohl Meissners c-Pepton enthält. Da möglicherweise auch Kreatin bei der langsamen Respiration der Hefe gebildet werden könnte, so wurde diese Masse, welche dasselbe hätte enthalten müssen, mit verdünnter Schwefelsäure erwärmt, dann nach Behandlung mit kohlensaurem Baryt eingedampft und mit Alkohol extrahirt. Letztrer hinterliess beim Verdunsten einen Rückstand, der mit Chlorzink der Kreatinin-Verbindung sehr ähnliche Krystallformen lieferte. Jedenfalls ist aber, wenn hier in der That Kreatinin vorliegt, dessen Menge eine äusserst geringe.

Aus der heissen alkoholischen Flüssigkeit (a) schied sich beim Erkalten ein gelber amorpher Körper ab, der beim Erhitzen den Geruch verbrennenden Horns entwickelte und mit salpetersaurem Silberoxyd einen in Ammoniak leicht löslichen Niederschlag gab. Die eingeengte Flüssigkeit wurde mit Alkohol behandelt, dem $^1/_4$ volum Aether zugefügt war und die von dem Reste des vorhandenen Peptons getrennte Lösung nach Verdunsten des Alkohols nochmals mit Quecksilberoxydnitrat (ohne zu neutralisiren) gefällt und hiebei noch ein Körper aus der Xanthingruppe erhalten, der eine Silberverbindung in weissen in Ammoniak unlöslichen Nadeln gab, welche sich beim Eindampfen mit Salpetersäure — wahrscheinlich durch Bildung einer Nitroverbindung — hochgelb färbte. Das Filtrat von diesem Niederschlag wurde nun in mit Barytwasser neutral gehaltener Lösung mit Quecksilberoxydnitrat gar ausgefällt und in diesem Niederschlage nach Tyrosin gesucht, indessen nicht in Krystallen erhalten, obwohl Reactionen eine geringe Menge davon anzudeuten schienen.

Harnstoff war in dem Niederschlage (H) nicht vorhanden; er konnte auch nicht aufgefunden werden, als feucht gehaltene Hefe bei schwach saurer wie schwach alkalischer Reaction 8 Tage lang der Luft ausgesetzt wurde.

Die Hefe hatte also bei langsamer Respiration und allmäligem Absterben an die verdünnte, 1 procentige Phosphorsäure abgegeben: a-, b-, und c-Pepton, Leucin, Guanin, Xanthin, Sarkin, Pilzschleim, ferner geringe Mengen Albumin, Kohlensäure, Alkohol und Traubenzucker.

Ueber die Fettbildung bei den niederen Pilzen.[1])

In der Thierphysiologie besteht noch Streit darüber, ob die Fette aus Albuminaten oder Kohlenhydraten entstehen. In der Pflanzenphysiologie ist diese Frage noch kaum erörtert worden. Wir sehen zwar, dass Fette und Kohlenhydrate einander oft vertreten, dass die einen Gewächse Fett anhäufen, wo verwandte Arten, Gattungen oder Ordnungen Stärkemehl aufspeichern, ferner dass Stärkemehl in einem Gewebe verschwindet, worauf Fett an dessen Stelle tritt, oder auch umgekehrt. So sind die Repssamen, aus denen im reifen Zustande Oel gepresst wird, vor vollständiger Reife mit Stärkekörnern erfüllt.

Doch geben uns solche Beobachtungen noch nicht die unbestreitbare Gewissheit, dass wirklich die Substanz der einen Verbindung in die andere Verbindung umgewandelt wird. Es wäre ja beispielsweise möglich, wenn auch nicht wahrscheinlich, dass Stärkemehl als Zucker gelöst und fortgeführt, und dass dafür die fettbildenden Baumaterialien aus andern Geweben herbeigeführt würden.

1) Die am Schlusse beschriebenen Versuche wurden von O. Loew ausgeführt.

Für die Entscheidung der vorliegenden Frage eig sich offenbar einzellige und wenigzellige Pflanzen besser die höher organisirten, aus verschiedenen Organen und G weben bestehenden, weil der Ursprung einer Substanz bes controlirt werden kann, — und besonders erweisen si die niederen Pilze als günstige Objecte für solche Unt suchungen, weil bei ihnen der Ernährungschemismus v einfacher verläuft, als bei den morphologisch gleich gebaut niederen Algen.

Bei den niederen Pilzen nun lässt sich die Entstehu der Fette mit Leichtigkeit und vollkommener Sicherh einerseits aus Albuminaten und anderen Stickstoffkohl stoffverbindungen, andrerseits aus Kohlenhydraten u anderen stickstofffreien Kohlenstoffverbindungen darth Was zuerst die stickstoffhaltigen Verbindungen betrifft, ist ein doppeltes Beweisverfahren möglich, indem entwe gezeigt wird, dass dieselben in einer Zelle zersetzt werd und das Material für die Fettbildung liefern, oder inde nachgewiesen wird, dass eine Zelle nur solche Nährsto aufnimmt und daraus Fett erzeugt.

Es ist eine allgemeine Erscheinung, dass in Pilzzell die in der Jugend bloss plasmatischen (aus Albuminat bestehenden) Inhalt besitzen, späterhin mehr oder wenig Fett auftritt. Diess ist auch dann der Fall, wenn dieselb in reinem Wasser sich befinden und somit keine fettbildend Stoffe aufnehmen können, denn das kohlensaure Ammoni das sich nicht abhalten lässt, vermögen sie nicht zu as miliren. Man beobachtet daher auch, dass das Plasma m dem Erscheinen des Fettes sich vermindert. Dass letzte hier nicht von stickstofffreien Kohlenstoffverbindungen a geleitet werden kann, ergiebt sich aus dem Umstande, d solche nur in sehr geringen Mengen im Zelleninhalte vo kommen, und dass die aus Cellulose bestehende Membr während der Fettbildung an Substanz oft deutlich zunimm

Eine solche Beobachtung ist nun unmittelbar entscheidend, wenn es sich um einzellige Pilze und zwar um solche handelt, wo die Zellen nicht mit anderen Zellen in Berührung sind und nur mit dem umgebenden Wasser in gegenseitigem diosmotischen Austausche stehen. Bei den mehrzelligen Schimmelpilzen lässt sich der allfällige Einwurf, es könnten die fettbildenden Zellen Stoffe aus andern Theilen des Fadens erhalten haben, mit der Thatsache widerlegen, dass alle Zellen sich gleichverhalten, dass jede einzelne und somit auch die Gesammtheit der miteinander in Verbindung stehenden Zellen an Albuminaten ärmer, dagegen an Fett und an Cellulose reicher wird.

Für derartige Beobachtungen sind die Schimmelpilze am brauchbarsten, weil sie viel Fett erzeugen. Allein auch bei den Sprosspilzen, welche alle verhältnissmässig arm an Fett sind (die Unterbierhefe enthält davon nur 5 Procent ihrer Trockensubstanz), kann nach der mikroskopischen Untersuchung kein Zweifel bestehen. Ich habe einige Flaschen mit Bierhefe und phosphorsäurehaltigem Wasser zwei Jahre lang (1870—1872) stehen lassen und hin und wieder umgeschüttelt. Es stellten sich weder Schimmel noch Spaltpilze ein. Die Hefenzellen vegetirten langsam fort. Beim Beginne des Versuches waren die dünnwandigen Zellen bloss mit Plasma erfüllt. Zuletzt erschien die Membran etwas stärker, und der feste Zelleninhalt war auf ein kleines sehr stark lichtbrechendes Körnchen zusammengegangen, welches offenbar aus Fett und den noch ungelösten Albuminaten bestand. Die quantitative Fettbestimmung konnte bei dieser Hefe nicht ausgeführt werden.

Dass Albuminate und andere stickstoffhaltige Kohlenstoffverbindungen Material zur Fettbildung abgeben können, lässt sich aber viel anschaulicher auf dem anderen Wege darthun, indem man nämlich diese Substanzen ausschliesslich zur Ernährung benutzt. Die Spaltpilze gedeihen sehr gut

in einer Lösung von Eiweiss oder besser von Peptonen aus Eiweiss und den nothwendigen Mineralstoffen (enthaltend Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium); die Schimmel wachsen darin mit Ausschluss der Spaltpilze, wenn die Lösung etwas freie Phosphorsäure enthält. Wenn bloss eine Spur von Sporen oder Pilzen zur Aussaat verwendet wird so erhält man eine mehr als millionenfache Vermehrung der Pilze und ihrer Bestandtheile, also auch von Fett und Cellulose. — Das Eiweiss kann mit ähnlichem Erfolge durch eine andere Stickstoffkohlenstoffverbindung von einfacherer Zusammensetzung und neutraler Reaction (z. B. durch Asparagin, Leucin) ersetzt werden.

Da bei diesen Versuchen alle organischen Substanzen der Ernte bis auf die unendlich geringe Menge der anfänglichen Aussaat aus den Nährstoffen gebildet wurden, so ist auch alles Fett aus den Bestandtheilen des Eiweisses, Leucin's, Asparagin's entstanden.

Ganz die gleiche Schlussfolgerung gilt für eine Reihe von stickstofflosen Verbindungen, welche zugleich mit Ammoniak oder Salpetersäure als Nährstoffe angewendet werden. Zucker mit Ammoniak, ebenso weinsaures Ammoniak ist für sich allein zur Ernährung genügend, wenn die Aschenbestandtheile zugegen sind. Statt Zucker kann Mannit, Glycerin oder eine andere neutrale ternäre Kohlenstoffverbindung, statt Weinsäure kann Essigsäure, Salicylsäure oder eine andere organische Säure benutzt werden. In den meisten Fällen lässt sich ferner das Ammoniak als Stickstoffquelle durch Salpetersäure ersetzen. Bei geringer anfänglicher Aussaat erfolgt auch bei diesen Versuchen eine millionenfache Vermehrung der Vegetation. Die Pilzzellen entnehmen dem Ammoniak oder der Salpetersäure und einer der genannten Kohlenstoffverbindungen die Elemente für die Bildung der Albuminate und der Kohlenstoffverbindung die Elemente für die Bildung von Fett und Cellulose.

Wird statt des Ammoniaks oder der Salpetersäure Eiweiss (resp. Pepton) als Nahrung verwendet, so lässt sich die Entstehung von Fett und Cellulose aus Zucker oder Weinsäure u. s. w. dann nachweisen, wenn man von ersterem wenig, von der stickstofflosen Verbindung dagegen eine grössere Menge in die Nährlösung giebt. Die Analyse der Ernte ergiebt in diesem Falle, dass nur die Albuminate von dem Eiweiss der Nährlösung abgeleitet werden können und dass die Gesammtheit oder wenigstens ein grosser Theil des Fettes und der Cellulose von den Bestandtheilen des Zuckers oder der Weinsäure herstammen müssen.

Die angeführten Thatsachen beweisen unzweifelhaft, dass die Pilzzellen das Material für die Fettbildung aus den verschiedensten stickstoffhaltigen und stickstofflosen Verbindungen entnehmen können. Sie geben uns aber selbstverständlich keinen Aufschluss über den nächsten Ursprung des Fettes, da die Stoffumwandlungen in der Zelle uns verborgen bleiben, und wir daher nicht wissen können, ob und welche chemische Zwischenstufen zwischen dem aufgenommenen Nährstoff und dem Endprodukt bestehen. Es wäre einerseits möglich, aber nicht im geringsten wahrscheinlich, dass unmittelbar aus den Bestandtheilen jeder der verschiedenen Nährverbindungen die Synthese des Fettes vor sich ginge, aus Eiweiss, Asparagin, Leucin, Zucker, Weinsäure, Essigsäure, Salicylsäure u. s. w.

Es ist anderseits möglich, dass die Fettbildung immer der nämliche Vorgang ist und aus der gleichen chemischen Verbindung erfolgt. Man könnte beispielsweise vermuthen, der Zucker sei dieser Fettbildner, und dafür anführen, dass jedenfalls aus allen Nährstoffen Glycose gebildet wird, da sie in allen Pilzzellen als Material für die Membranbildung vorhanden sein muss, und wie die Analysen ergeben, thatsächlich immer in geringen Mengen vorhanden ist. In diesem Falle würde, bei ausschliesslicher Ernährung durch

Eiweiss (Pepton), der Zucker für die Fettbildung aus letzterem abgespalten.

Man könnte aber auch, und vielleicht mit grösserem Rechte, annehmen, die Eiweissbildung (Peptonbildung) müsse der Fettbildung vorausgehen. In diesem Falle würde also auch bei Ernährung mit Ammoniak und Zucker das Fett nicht aus dem Zucker sondern aus dem daraus erzeugten Pepton entstehen, und wenn eine plasmareiche Zelle, welche fast nur Zucker als Nahrung erhält, Fett bildet, so würde der Zucker nur mittelbar diesen Process begünstigen, insofern er mit dem bei der Fettbildung frei werdenden stickstoffreichen Rest des Eiweisses dasselbe wieder aufbauen hülfe. Es drängt sich überhaupt auch bei verschiedenen anderen pflanzenphysiologischen Vorgängen die Vorstellung auf, es möchte das complizirte Eiweissmolecül gleichsam das kleine chemische Laboratorium sein, welches manche Stoffumwandlungen zu Stande bringt, — eine Vorstellung, die, wenn sie richtig sein sollte, uns zwar das Räthsel nicht lösen würde, aber bei dem Versuche einer Lösung doch berücksichtigt werden müsste.

Mit Zucker und Eiweiss sind natürlich die Verbindungen nicht erschöpft, aus denen die Fettbildung abgeleitet werden kann. Möglicher Weise geht dem Fette die Entstehung einer Verbindung voraus, die überhaupt noch unbekannt, oder als Bestandtheil der lebenden Organismen noch nicht nachgewiesen ist. — Zur Entscheidung der Frage hat die organische Chemie den wichtigsten Beitrag zu leisten. Aber auch der Physiologie scheint eine nicht unwichtige Aufgabe zuzukommen. In letzterer Beziehung bot sich zunächst der Gedanke dar, auf experimentellem Wege zu entscheiden, ob die Ernährung mit der einen oder andern Verbindung die Fettbildung begünstige oder beeinträchtige. Wenn beispielsweise der Zucker den Ausgangspunkt für die Fettbildung darstellte, so könnte erwartet

werden, dass dieselbe bei zuckerreicher Nahrung reichlicher einträte. Wäre dagegen das Eiweiss der Fettbildner, so sollte Ernährung mit viel Eiweiss ein besseres Resultat geben als Ernährung mit wenig Eiweiss und viel Zucker.

Die Versuche haben diese Erwartung nicht erfüllt. Die chemische Beschaffenheit der Nährlösung scheint für die Fettbildung in den Pilzen fast ganz bedeutungslos zu sein, indem einerseits aus ganz ungleichen Nährstoffen gleiche Mengen von Fett, andrerseits aus gleichen Nährstoffen unter übrigens ungleichen Verhältnissen ungleiche Mengen davon erzeugt werden. Berücksichtigt man nur die eine Versuchsreihe, so möchte man den Zucker, berücksichtigt man nur eine andere Reihe, so möchte man das Eiweiss (Pepton) als vorzugsweise Fett erzeugend betrachten. Vergleicht man aber alle Thatsachen, so kommt man zur Ueberzeugung, dass physiologische Momente bei der Fettbildung die Hauptrolle spielen und die ungleiche Wirkung der Nährstoffe, wenn dieselbe, was nicht unwahrscheinlich, vorhanden ist, verwischen. Eine grosse Reihe von passend angestellten Versuchen müsste darüber wohl Auskunft geben.

Solche Versuche sind aber desswegen meistens resultatlos, weil die Vegetationsverhältnisse, welche auf die Erzeugung der Fette so grossen Einfluss ausüben, nicht mit Sicherheit ganz gleichartig hergestellt werden können. So erhält man beispielsweise in zwei vollkommen gleich zusammengesetzten, neben einander befindlichen Nährlösungen, auf welche in gleicher Weise Schimmelsporen ausgesäet werden, selten ganz gleiche Vegetationen, indem das Verhältniss der untergetauchten zu den schwimmenden Schimmelrasen verschieden ausfällt; und dieser Umstand allein bedingt einen ungleichen Prozentgehalt an Fett.

Es ist mir desswegen überhaupt wahrscheinlich, dass der Einfluss der chemischen Beschaffenheit der Nährstoffe auf die Fettbildung und namentlich die Frage, welche

Verbindung physiologisch derselben unmittelbar vora
gehe, nicht bei den Pilzen, die wegen ihres so energisc
Chemismus fast aus jeder organischen Verbindung, w
auch auf einem Umwege, das Material für diesen Pro
gewinnen können, noch überhaupt im Pflanzenrei
sondern vielmehr im Thierreiche festzustellen ist, wo
chemische Action schwächer und die Möglichkeiten für
Erzeugung einer Verbindung beschränkter sind. Sollt
sich ergeben, dass bei höheren Thieren das Fett zunä
immer aus dem Eiweiss entsteht, so wäre dieser Vorg
auch für die niederen Thiergruppen und für das Pflan
reich sehr wahrscheinlich.

Was die physiologischen Momente der Fettbildung
trifft, so möchte ich zunächst bemerken, dass dieselbe
den niederen Pilzen gerade so wie bei den übrigen Pflan
höchst wahrscheinlich bloss innerhalb der Zellen durch
gewöhnlichen Vegetationsprocess, und nicht durch Gär
(Fäulniss) vor sich geht. Die niederen Glieder der F
säurenreihe bis hinauf zur Capronsäure befinden sich z
unter den Fäulnissprodukten, nicht aber die höheren F
säuren und die Fette. [1])

---

1) In neuester Zeit ist unter den Fäulnissprodukten des Fleis
Palmitinsäure und Oelsäure angegeben, jedoch nicht nachgewiesen wor
dass diese Verbindungen wirklich Erzeugnisse der Gärthätigkeit s
Das Fleisch war zwar mit Aether so gut als möglich entfettet wor
da aber Bierhefe auf diesem Wege nicht fettfrei gemacht werden l
(vgl. Mittheilung vom 4. Mai 1878), so wäre es wohl möglich, dass
ganze Menge der gefundenen Fettsäuren (etwa 3 Proc. der trock
Eiweisssubstanz) oder doch ein Theil derselben erst bei der Zerset
des Fleisches durch die Fäulniss physikalisch frei gemacht und d
dem Aether zugänglich geworden wäre.

Ein anderer bei obiger Angabe, wie es scheint, unberücksic
gebliebener Punkt ist der, dass die faulende Flüssigkeit nicht blos
Fäulnissprodukte sondern auch Fäulnisspilze und zwar in sehr gr
Menge enthält, dass beide sich mechanisch nicht trennen lassen
dass man sich daher immer die Frage vorzulegen hat, ob eine gefun

Betreffend das physiologische Verhältniss des Fettbildungsprocesses zu der Gesammternährung lassen sich zur Zeit zwei Regeln aufstellen: 1) dass verhältnissmässig um so mehr Fett gebildet wird, je lebhafter das Wachsthum vor sich geht, dass also bei n facher Gesammtzunahme der Trockensubstanz in gleicher Zeit und übrigens gleichen Umständen die Vermehrung der

---

Verbindung aus dem Gärmaterial oder aus den Gärpilzen komme. In dem vorliegenden Falle konnte immerhin ein erheblicher Theil und unter günstigen Bedingungen für die Fettbildung sogar die ganze Menge der Fettsäuren in den Fäulnisspilzen enthalten sein. Wollte man alle in einer faulenden Flüssigkeit vorhandenen Verbindungen als Produkte des Fäulnissprocesses betrachten, so müsste man Albuminate und Cellulose unter den Fäulnissprodukten des Harnstoffes aufzählen. Es wäre dies ebenso unstatthaft, als wenn man ein Guanolager mitsammt den darauf sitzenden Vögeln der Analyse unterwürfe.

Dass höhere Fettsäuren durch faulige Gärung entstehen, ist zwar an und für sich nicht unmöglich, aber schon aus dem Grunde sehr unwahrscheinlich, weil alle bis jetzt bekannten Gärprodukte entweder flüchtig, oder in der Flüssigkeit, in der sie sich bilden, löslich sind. Die Bildung einer unlöslichen Verbindung und noch dazu von so zusammengesetzter Constitution durch die Bewegung des Gärvorganges dürfte in mechanischer Beziehung schwer zu erklären sein.

Wenn in dem Roquefort-Käse wirklich, wie es behauptet wird, beim Reifen das Casein sich vermindert und das Fett sich vermehrt, so kann dieser Vorgang nicht von einer Gärthätigkeit abgeleitet werden, welche in diesem Stadium aufgehört hat, sondern nur von der jetzt reichlichen Schimmelvegetation, welche das Casein als Nahrung verwendet und in ihren Zellen viel Fett anhäuft.

Unmittelbar aus Albuminaten scheint dagegen das Leichenfett (Adipocire) zu entstehen. Dasselbe ist zwar nicht eigentliches Fett, sondern besteht fast bloss aus festen Fettsäuren. Es muss wohl durch einen noch unbekannten chemischen Process gebildet werden, da es nur bei Ausschluss der Fäulniss auftritt und da an eine vorausgehende Schimmelvegetation ebenfalls nicht gedacht werden kann; denn diese würde eine vollständige Verbrennung bedingen, welche beim Roquefortkäse nur durch rechtzeitige Unterbrechung des Verschimmelungsprocesses verhütet wird.

Fettmenge mehr als den n fachen Betrag zeigt; 2) dass unter gleichen Umständen um so mehr Fett gebildet wird, je lebhafter die Respiration (Oxydation durch freien Sauerstoff) vor sich geht. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass dies in aller Strenge nur für jede einzelne Pilzform gilt und dass bei der Vergleichung verschiedener Formen ein neuer Factor, die spezifische Neigung zur Fettbildung, hinzukommt.

Man könnte geneigt sein, die beiden Regeln unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt und in eine einzige Regel zusammenzufassen, weil die beiden physiologischen Momente meistens zusammentreffen und jeder Pilz um so lebhafter wächst, je mehr der freie Sauerstoff auf ihn einwirken kann. Dennoch scheint es mir vorsichtiger, sie vorläufig noch aus einander zu halten, bis durch weitere Versuche sich mehr Licht über die so complicirten Beziehungen der Ernährungsvorgänge verbreitet.

Was die Beziehung der Fettbildung zur Respiration betrifft, so tritt uns dieselbe im Allgemeinen bei einem Ueberblick über die niederen Pilze sehr deutlich entgegen. Die Schimmelpilze wachsen bloss bei Zutritt von freiem Sauerstoff und sind fettreich.. Die Bierhefe entwickelt sich bei sehr mangelhaftem Sauerstoffgenuss und ist fettarm: das Gleiche gilt für die Spaltpilze. Die an der Oberfläche der Nährflüssigkeit lebenden Schimmelpilze sind fettreicher als ihre eigenen untergetauchten Sprossformen. Zur Bildung der Sporen, welche viel Fett enthalten, ist freier Luftzutritt nothwendig. Die Sprosspilze bringen, wie bekannt, nur dann Sporen hervor, wenn sie, auf einem Substrat ausgebreitet, halb trocken liegen; selten fand ich sporentragende Sprosspilze, wenn dieselben als Häute auf den (gegorenen) Nährflüssigkeiten schwammen, wobei die obere (cuticularisirte) Seite trocken ist. Die Spaltpilze erzeugen, wie es scheint, ihre Sporen ebenfalls nie innerhalb einer Flüssigkeit, sondern nur in den oberflächlichen Decken, und zwar beobachtete

ich einige Male ganz bestimmt, dass in einer mehrschichtigen Decke bloss die Stäbchen und Fäden der obersten (unmittelbar an Luft grenzenden) Schicht sporentragend waren. In Flüssigkeiten lebende Schimmelpilze bilden nur an den in die Luft sich erhebenden Hyphen fettreiche Dauersporen.[2])

Warum die Pilze zur Erzeugung von Fett gerade Sauerstoff bedürfen, bleibt vorerst noch eine offene Frage. Es giebt noch andere Beispiele, wo die Umwandlung von sauerstoffreicheren in sauerstoffärmere Verbindungen in der organischen Welt nur unter der Einwirkung von Oxydation vor sich geht. So entsteht beim Cuticularisirungs- oder Verkorkungsprocess der Wachsüberzug an der Oberfläche der Pflanzengewebe aus Cellulose (Zucker) nur bei Luftzutritt. So ist ferner der freie Sauerstoff für die Ernährung der niederen Pilze gerade bei sauerstoffreichen Nährstoffen unentbehrlich.

Mit diesen in lebenden Organismen stattfindenden Processen können wir auch die ausserhalb derselben vor sich gehende Humification vergleichen, bei welcher Cellulose und andere Verbindungen nur unter dem Einflusse der Oxydation durch freien Sauerstoff in eine Reihe immer kohlenstoffreicherer Substanzen übergehen.

Mit Rücksicht auf die Rolle, welche die Oxydation beim Lebensprocess überhaupt spielt, möchten wir geneigt

2) In Nährflüssigkeiten, die mit einer Schicht von fettem Oel bedeckt waren, und in denen Penicillium spärlich wuchs, sah ich Schimmelfäden in die Oelschicht hinaufwachsen und daselbst schöne Sporenketten bilden, welche, beiläufig bemerkt, zwischen Objectträger und Deckglas vollkommen erhalten blieben, während dieselben sonst bei der Präparation für die mikroskopische Untersuchung gewöhnlich zerfallen. Die angeführte Erscheinung erklärt sich dadurch, dass das flüssige Fett ein schlechter Abschluss gegen Sauerstoff ist, welcher dasselbe ranzig macht und auch in die unterliegende Flüssigkeit eindringt; jedenfalls ist aber seine Wirkung an der Oberfläche der letzteren und in der Oelschicht selbst am intensivsten.

sein anzunehmen, dass sie auch bei der Fettbildung die für die chemische Umsetzung nothwendige Kraft liefere. Dies wäre unzweifelhaft, wenn das Fett und seine Nebenprodukte zusammen eine grössere Menge von gebundener Wärme enthielten, als das Material (Eiweis, Zucker), von dem sie abstammen; der Ueberschuss müsste dann von der nebenher gehenden Verbrennung erzeugt werden. Doch wissen wir darüber experimentell nichts, und dürfen selbstverständlich auch aus der hohen Verbrennungswärme des Fettes keinen Schluss ziehen.

Aber auch für den möglichen Fall, dass der Fettbildner eine grössere Menge von Spannkraft besitzen sollte als das aus demselben hervorgehende Fett sammt den übrigen Zersetzungsprodukten, bleibt jene Annahme noch immer wahrscheinlich. Wir müssen uns dann an die Analogie der Gärung erinnern, wo die Hefenzelle ebenfalls für den Zerfall jedes einzelnen Zuckermoleküls eine gewisse Kraft aufwenden muss, obgleich bei diesem Zerfall eine viel grössere Kraft frei und für physiologische Zwecke (nur nicht unmittelbar für den Gärprocess) verwendbar wird (vgl. Theorie der Gärung in den Abhandl. d. k. b. Akad. d. W. II. Cl. XIII. Bd. II. Abth.)

Die andere physiologische Beziehung der Fettbildung, nämlich zu der Intensität der Ernährung, wird uns besonders dann nahe gelegt, wenn wir die Ernten aus analog zusammengesetzten Nährflüssigkeiten von verchiedenem Concentrationsgrad mit einander vergleichen. Wir beobachten dann, dass in sehr armen Nährlösungen auch ein sehr fettarmer Schimmel wächst, und dass in reicheren Nährlösungen bis zu einem bestimmten Concentrationsgrad das Wachsthum lebhafter und der Procentgehalt an Fett grösser wird, sodass das Optimum für die Ernährung und für die Fettbildung zusammenzufallen scheinen.

Man möchte vielleicht für diese Erscheinung darin

eine Erklärung finden, dass die ersten Nährstoffmengen zur Bildung des Plasmas und der Zellmembran verwendet werden, und dass die ärmeren Nährlösungen zur Fettbildung nicht mehr ausreichen. Doch wird bei genauerer Ueberlegung sogleich deutlich, dass damit nichts erklärt wäre; denn man könnte ja mit Recht fragen, warum nicht 10 oder 15 Proc. Albuminate und Cellulose weniger und dafür Fett erzeugt werde, oder man könnte erwidern, dass die Pilzzelle in einer entsprechend längeren Zeit der armen Nährlösung so viel Stoffe zu entziehen vermöge, um sich ganz mit Fett anzufüllen. — Wir hätten aber eine ausreichende Erklärung, wenn wir annehmen dürften, was auch gar nicht unwahrscheinlich ist, dass die Pilzzelle ihre Vegetation in jeder Nährlösung nicht über eine bestimmte Zeit ausdehnen kann, und dass, wenn sie in dieser Zeit nicht ein gewisses Mass von Nährstoffen findet, die Involution beginnt, ehe die Ernährung ihre Stadien vollständig durchlaufen hat, wobei die Fettbildung als das letzte Produkt derselben die grösste Einbusse erleidet.

Wir können die Nährstoffe, die zu den Versuchen gedient haben, nach dem Grade der Fettbildung, den sie gestatten, in eine Reihe bringen, welche zugleich eine Skala für ihre Ernährungsfähigkeit darstellt. Es werden dabei möglichst gleiche Umstände vorausgesetzt, wozu auch die Ausschliessung der Gärthätigkeit gehört. Indem wir von den ungünstigsten zu den günstigsten Nährverbindungen fortschreiten, erhalten wir folgende Stufenreihe: 1) essigsaures Ammoniak, 2) weinsaures Ammoniak, bernsteinsaures Ammoniak, Asparagin (?), 3) Leucin, 4) Eiweiss (Pepton), 5) weinsaures Ammoniak und Zucker, 6) Leucin und Zucker, 7) Eiweiss (Pepton) und Zucker. Was Eiweiss und Pepton betrifft, so ist zu bemerken, dass letzteres allerdings besser, d. h. rascher ernährt, dass aber Eiweis in löslicher Form demselben wenig nachsteht, wenn der Pilz kräftig pepto-

nisirt, und dass nur das ungelöste Eiweiss sich entschieden ungünstig erweist, weil die Lösung durch die Fermente des Pilzes und die Vertheilung in der Nährflüssigkeit allzu langsam erfolgt.

Ich habe bereits bemerkt, dass lebhaftes Wachsthum und intensive Respiration meistens zusammentreffen. In solchen Fällen bleibt es zweifelhaft, ob man die reichlichere Fettbildung mehr der einen oder anderen Ursache zuschreiben soll. Ein bemerkenswerthes Beispiel geben uns die Versuche mit Bierhefe. Die natürliche Hefe, welche in der besten Nährlösung (Pepton und Zucker) bei niedriger Temperatur und spärlicher Respiration wächst, enthält nur 5 Proc. Fett. Kunsthefe, welche mit weinsaurem Ammoniak und Zucker im Brütkasten unter Durchleitung von Luft gezogen wurde, hatte bis 12½ Proc. Fett. Dass das weinsaure Ammoniak nicht etwa die Ursache der reichlicheren Fettbildung sein konnte, ergiebt sich aus anderen Versuchen, bei denen unter übrigens gleichen Umständen weinsaures Ammoniak sich ungünstiger verhält als Eiweiss, und weinsaures Ammoniak mit Zucker ungünstiger als Eiweiss mit Zucker. Der grössere Fettgehalt der Kunsthefe hängt damit zusammen, dass dieselbe trotz der ungünstigeren Nahrung wegen der höheren Temperatur, der vermehrten Respiration und der gesteigerten Gärung auch ein viel lebhafteres Wachsthum zeigte. In 24 Stunden wurden von einem Gramm Hefe (Trockengewicht) 40 Gramm Rohrzucker vergoren; es ist dies die lebhafteste bis jetzt beobachtete Vergärung von Zucker. In 64 Stunden vermehrte sich die Trockensubstanz der Hefe auf das 12fache; es ist dies ebenfalls die lebhafteste bis jetzt beobachtete Vermehrung.

Ich mache schliesslich noch einige Bemerkungen betreffend die Beurtheilung der Versuche überhaupt und auch der nachher beschriebenen.

Man ist im Allgemeinen geneigt, der chemischen Be-

schaffenheit der Nährstoffe einen viel grösseren Einfluss auf die Ernährung zuzuschreiben, als ihr wirklich zukommt. Diess gilt für die Pilze noch viel mehr als für alle anderen Organismen. Bezüglich der Fettbildung würde man einen Fehler begehen, wenn man aus irgend welchen einmaligen oder auch mehrmahligen Versuchen schliessen wollte, dass dieselbe durch eine bestimmte chemische Verbindung begünstigt werde. Man wäre dazu erst berechtigt, wenn auch alle übrigen inreren und äusseren Umstände gleich gesetzt, und einzig die chemische Beschaffenheit in den Versuchen verschieden wäre. Wir müssen in der Beurtheilung um so vorsichtiger sein, als die grosse Mehrzahl der sicheren Thatsachen uns beweist, dass die chemische Zusammensetzung der Nährsubstanzen gegenüber den anderen inneren u äusseren Umständen eine verschwindend kleine Wir kun ausübt.

Bezüglich dieser Umstände sind 4 Gruppen zu unterscheiden: 1) die specifische (systematische) Natur des Pilzes, 2) der biologische und Entwicklungszustand, in dem er sich befindet, 3) die Beschaffenheit der Umgebung, namentlich die Temperatur, der Feuchtigkeitszustand, der Zutritt von Sauerstoff, 4) die physiologischen Vorgänge der Ernährung, soweit dieselben von den aufgenommenen chemischen Verbindungen unabhängig sind. Wir haben somit für die Beurtheilung der Kulturresultate folgende 4 Regeln festzuhalten.

1) Nur Vegetationen der gleichen Species und Varietät von Pilzen dürfen mit einander verglichen werden. Eine weitere Bemerkung hiezu ist überflüssig.

2) Nur gleiche Zustände eines Pilzes dürfen mit einander verglichen werden, – also beispielsweise nicht die Hyphenform und die Sprosshefenform eines Mucor, ferner nicht der vegetative und der reproduktive Zustand, nicht das Evolutions- und das Involutionsstadium eines Pilzes. Aus

diesem Grunde giebt es kaum zwei Versuche, die in aller Strenge einen Schluss auf die Wirkung der Nährstoffe bezüglich der Fettbildung gestatten, weil in jedem Versu junge Zellen, ausgewachsene Zellen, altersschwache Zelle und abgestorbene Zellen, solche die keine Sporen bilde und solche, die sich in irgend einem Stadium der Sporen bildung befinden, mit einander gemengt sind und weil da Verhältniss der Gemengtheile jedes Mal ein anderes ist.

3. Nur wenn die äusseren Umstände, unter denen ei Kultur stattfindet, ganz dieselben sind, ist ein Vergleich g stattet. Es lassen sich nun zwar die Verhältnisse in ve schiedenen Beziehungen ganz gleich machen, so bezügli der Temperatur, ferner, wenn eine Nährlösung angewend wird, bezüglich der Form und Grösse des Gefässes, d Oberfläche und der Tiefe der Flüssigkeit, bezüglich des Um schüttelns, — alles Dinge, die unter Umständen sehr wichti sein können. Aber es giebt andere Beziehungen, in dene es ausser der Macht des Experimentators liegt, eine voll kommene Gleichheit herzustellen. Schon der Zutritt de Sauerstoffs kann nicht gleichartig geregelt werden, weil de selbe bei der nämlichen Vorrichtung durch den ungleiche Verbrauch bestimmt wird.

Noch viel grössere Störungen erfolgen durch die u gleiche räumliche Vertheilung der Pilze. Um dieselb möglichst zu beschränken, ist die Anwendung von Näh ösungen unbedingt geboten, weil die Diffussion, unterstü durch periodisches Umschütteln, eine gleichmässige V theilung der Nährstoffe bewirkt. Aber auch in diesem gü stigsten Falle sind immer Verschiedenheiten zwischen so zwei ganz gleichen Kulturen vorhanden und können sell zu einer den Versuch ganz unbrauchbar machenden Grö anwachsen, weil die Pilze theils an der Oberfläche Flüssigkeit theils untergetaucht leben. Jene erhalten rei licheren Sauerstoff, diese fast gar keinen. Die Ernähru

und auch die Fettbildung geschieht daher bei den einen und anderen in ungleicher Weise; die an der Oberfläche schwimmenden sind die fettreicheren. Da nun das Mengenverhältniss der oberflächlichen und untergetauchten Individuen nie übereinstimmt und oft sehr grosse Verschiedenheiten zeigt, so ist auch in dieser Beziehung die Möglichkeit des Vorhandenseins von Fehlerquellen bei der Beurtheilung der Versuche immer ins Auge zu fassen.

4. Nur wenn die physiologischen Processe in zwei Pilzvegetationen gleichartig verlaufen, darf auch die Fettbildung zu einer unmittelbaren Vergleichung benutzt werden. Diese physiologischen Vorgänge sind uns vorerst nur in ihrer allgemeinsten Form bekannt, bieten aber in dieser allgemeinen Form schon sehr grosse Verschiedenheiten dar.

Von dem Nährmaterial, das der Pilzzelle zur Verfügung steht, verwendet sie einen Theil zur Nahrung, einen anderen Theil verbrennt sie. Beide Mengen lassen sich quantitativ genau feststellen aus dem Gesammtverbrauch der Nährstoffmenge und aus der Zunahme der Pilzsubstanz. Das Verhältniss der beiden Processe übt einen Einfluss auf jeden einzelnen Vorgang des vitalen Chemismus und namentlich auch auf die Fettbildung aus. Wenn es in zwei Versuchen nicht gleich ausfällt, so liegt möglicher Weise abermals eine Fehlerquelle vor, welche die strenge Beurtheilung des Einflusses der chemischen Beschaffenheit der Nährstoffe auf die Fettbildung unsicher macht. Es hängt nämlich die Intensität der Oxydation nicht bloss von dieser chemischen Beschaffenheit ab, sondern auch von der Menge des zutretenden Sauerstoffs, ferner von dem Entwicklungsstadium der Zelle und von anderen noch unbekannten Eigenthümlichkeiten der morphologischen und physiologischen Verhältnisse.

Berücksichtigt man die 4 genannten Bedingungen, so ist leicht einzusehen, dass aus wenigen Versuchen kein Schluss auf die Wirkung der verschiedenen Nährstoffe be-

züglich der Fettbildung ge
nur durch zahlreiche Ver
Fehlerquellen aufzudecken
folgerungen zu beseitigen.
dass eine Versuchsreihe (
nachher aufgeführten), zun
Weise wiederholt, im Einz
die Resultate verwandter
umkehren würde.

Um das Gesagte zu e
legen, mache ich auf einig
Versuchsreihe I enthielt d
wachsene Schimmel (a) 6,
saurem Ammoniak (c) 11
gleichen Gesammtverbrauc
fast doppelt so grosse Ern
und dem entsprechend ein
aber dieser Erfolg der
schreiben sei, ist aus son
lich; wahrscheinlich rührt
Umstande her.

In der Versuchsreihe
1 Proc. weinsaurem Amm
0,108 g. Ernte und 8,08 Pr
Nährlösung mit 1 Proc.
7,32 Proc. Fettsäuren. Ma
dass das Ammoniaksalz zw
weniger günstig, dagegen g
wirke. Auch bei einem a
weinsauren Ammoniaks fet
folgerung aber unrichtig w
folgenden Ergebnissen. Be
Ernte des mit 1 Proc. wei
Weinsäure ernährten Schim

0,106 g. und der Gehalt an Fettsäuren 7,58 Proc., — die Ernte des in 1 proc. Eiweisslösung gewachsenen Schimmels dagegen (k) auf 100 g. Nährlösung 0,172 g. und der Gehalt an Fettsäuren 11,25 proc. Ferner ergaben 100 g. Nährflüssigkeit mit 1 proc. weinsaurem Ammoniak, 1 Proc. Weinsäure und 5 Proc. Rohrzucker (II, c) 0,767 g. Ernte mit 12,35 Proc. Fettsäuren, — dagegen 100 g. Nährflüssigkeit mit 1 Proc. Eiweis und nur 2 Proc. Rohrzucker (I, p) 0,597 g. Ernte mit 18.10 Proc. Fettsäuren (es war dies der höchste in den Versuchen erreichte Fettgehalt). Ich bemerke hiezu, dass Pepton und lösliches Eiweiss sich als Nährstoffe für Schimmel im Allgemeinen gleich verhalten.

Wir haben also bei den eben angeführten Versuchen bezüglich des Vergleiches von Weinsäure und Ammoniak mit löslichem Eiweiss (oder Pepton) drei sich widersprechende Ergebnisse. Ein Mal gibt Weinsäure und Ammoniak ein geringeres Erntegewicht und einen grösseren procentigen Fettgehalt, ein anderes Mal ein geringeres Erntegewicht und einen geringeren Fettgehalt und ein drittes Mal ein grösseres Erntegewicht und einen geringeren Procentgehalt an Fetten. Ohne Zweifel ist in dem zweiten Ergebniss (schwächere Ernährung mit geringerer Fettbildung) die Norm für diejenigen Fälle ausgesprochen, in denen die übrigen Umstände sich gleich verhalten.

In der Versuchsreihe III enthielten die 6 Lösungen bei gleichen und zwar geringen Mengen stickstoffhaltiger Nahrung ungleiche Mengen von Zucker. Da alle anderen Verhältnisse, so weit es in der Macht des Experimentators liegt, gleich waren, so sollte auch, mag der Zucker auf die Fettbildung irgend welchen Einfluss haben, eine seiner Menge entsprechende stätige Aenderung in den Resultaten gefunden werden. Dies war aber nicht der Fall; schon die Erntemenge zeigte die zu erwartende Progression nicht, indem ausnahmsweise die 1,0 procentige Zuckerlösung (c) weniger

Schimmel bildete als die 0,5 procentige (b) und ebenso die 10 procentige (c) weniger als die 5 procentige (d). Ebenso enthielt der vereinigte Schimmel der 0,1 und 0,5 proc. Zuckerlösung (a und b) 15,84 Proc. Fettsäuren, derjenige der 5 proc. Lösung (d) 14,36 und derjenige der 15 proc. Lösung (f) 23,13 Proc. Fettsäuren, während unter gleichen äusseren und inneren Umständen die 5 proc. Lösung nothwendig einen Schimmel mit mittlerem Fettgehalt erzeugen müsste.

Indessen hatten sich schon, während die Versuche dieser Reihe im Gange waren, Störungen, wenn auch nicht in dem Masse wie es wirklich der Fall war, voraus sehen lassen, indem in den Kolben c und e eine verhältnissmässig grössere Menge untergetauchter und eine kleinere Menge schwimmender Schimmelrasen sich befanden als in a, b, d und f. — Diese Versuchsreihe lehrt deutlich, wie vorsichtig man überhaupt bei der Beurtheilung von Pilzkulturen sein muss, und wie nöthig es ist, dass man sich jedes Mal die Frage stelle, ob ein bestimmtes Resultat wirklich von der chemischen Mischung der Nährlösung oder von irgend einer anderen Ursache bedingt wurde. In dem vorliegenden Falle ist es ja unzweifelhaft, dass bei gleichartigem Verlauf der

Zeit von einem Schimmelrasen von bestimmter Grösse verbrannt und über die Mengen Fett, welche aus verschiedenen Materien hiebei gebildet werden, ist noch nichts Näheres bekannt.

Um über diese Fragen Aufschluss zu erhalten, wurden folgende Versuchsreihen angestellt. Die mit Schimmelsporen besäten Nährlösungen enthielten 1 — 3 pC. verschiedener organischer Stoffe und von unorganischen Nährsalzen: 0,1 pC. Dikaliumphosphat, 0,032 pC. schwefelsaure Magnesia und 0,004 pC. Chlorcalcium.

Zur Verhinderung von störender Spaltpilz-Entwicklung diente ein Zusatz von Phosphorsäure und zwar erhielten die Nährlösungen mit weinsaurem und bernsteinsaurem Ammon je 1 pC., die übrigen 0,5 pC.; nur die aus Albumin mit Weinsäure, weinsaurem Ammon mit Weinsäure, und die aus essigsaurem Ammon mit Weinsäure bestehenden erhielten keinen Zusatz, da hier die freie Weinsäure den Spaltpilzen gegenüber hinreichende antiseptische Dienste that.

Die Kolben wurden mit Baumwollpfropf nur locker verschlossen, um Eintritt von Luft und Austritt gebildeter Kohlensäure zu gestatten und waren nur zur Hälfte mit der Nährlösung — von welcher stets 500 cc. angewendet wurden — gefüllt. Sie wurden von Zeit zu Zeit umgeschwenkt um neuem Schimmelrasen Platz zu geben und die obere durch die Schimmelentwicklung verdünnter gewordene Schichte der Nährlösung mit den unteren noch weniger angegriffenen Schichten gleichmässig zu mischen. Die Bewegungen der Schichten verschiedener Concentration machten sich dabei deutlich dem Auge bemerkbar.

Die Ernte wurde nach Ablauf mehrerer Wochen abfiltrirt und bei 100° getrocknet; vom Filtrat wurde behufs Bestimmung des Verbrauchs ein Theil verdunstet und ebenfalls bei 100° getrocknet. Bei der aus essigsaurem Ammon

bestehenden Nährlösung wu
in das Bariumsalz übergef
haltenen Bariumsulfat die E

Da durch die Oxyda
stets ein sehr erheblicher A
stoff oxydirt wurde, der Sti
als Ammoniak in der Flüs
ursprünglich saure Reaction
gehen und dieser Fall tr
der Asparagin-Nährlösung
alkalisch geworden. Wo
Grade sauer war, wurde m
neutralisirt und am Trock
angebracht.

Da der Schimmel ke
produkte liefert, die er
und das aus stickstoffhalti
gespaltene Ammoniak selbs
so lange eine verwendbare
haltende Substanz anwesen
heblichen Fehler das Trock
zug der Nährsalze und P
organische Nährsubstanz a

Unter „Verbrauch" is
der Nährlösung verschwund
mit die Summe der Schimm
in die Form von Kohlensäur
Beimengung von Stickstoff)

Die Fettbestimmung i
früher erwähnten Methode,
wandte [3]), nämlich durch

---

3) Sitzungsberichte der k.
4. Mai 1878.

Wesentlichen aus Oelsäure bestehend) nach vorausgegangener Zerstörung der Zellmembran mittelst Salzsäure.

Statt jeden Fall speciell zu beschreiben wurde der Uebersicht halber die beigefügte Tabelle hergestellt, aus welcher das Erntegewicht, der Verbrauch und Fettgehalt [4]) bei verschiedener Ernährung des Schimmelpilzes ersichtlich ist. Die Unterschiede, welche sich aus dem Vergleich zwischen der Menge verbrannter Materie — welche im Allgemeinen um so grösser ist, je sauerstoffreicher die Nährsubstanz bereits ist — und dem Erntegewicht in den verschiedenen Fällen ergeben, sind sehr in die Augen fallend und selbst in dem günstigsten Falle, nämlich der Ernährung mit Eiweiss und Zucker übertrifft die Menge der durch Oxydation verschwundenen Substanz das Gewicht des gebildeten Schimmels um das Doppelte.

Das Verhältniss der Schimmelernte zur verbrannten Substanz ist kein völlig unveränderliches, sondern schwankt zwischen gewissen Gränzwerthen, welche durch Concentration der Nährlösung, stärkeren oder geringeren Luftzutritt, Temperatur, Grad der Ansäuerung, Ruhe oder öfteres Bewegtwerden und andre Factoren bestimmt werden. Indessen dürfen unsere Zahlen — besonders da wo die Concentration der Nährlösung die gleiche war — wohl einen allgemeinen Vergleichswerth beanspruchen, da die wichtigeren Factoren (Temperatur, Luftzutritt) möglichst gleich hergestellt wurden.

4) Das Fett erwies sich stets von einer kleinen Menge Cholesterin begleitet. Es scheint als ob die Bildung beider Substanzen unter denselben Bedingungen zu Stande komme, nämlich durch Zusammentreten von bei der Oxydation übrig bleibenden Resten. Möglicherweise hängt auch im Thierkörper die Entstehung beider aus fettfreien Nahrungsmitteln aufs Innigste zusammen und vielleicht von einander ab. —

Tabelle über den Verbrauch und die Fettbildung des Schimmelpilzes. (Penicillium.)

Angewandte Nährlösung	Tage der Vegetationszeit	Verbrauch in grm	Gesammt-Verbrauch in Procenten der angewendeten Nährsubstanz	Ernte in grm	Ernte in Procenten des Gesammt-Verbrauchs	Verbrannt, grm	Verhältniss des Erntegew. zur verbrannten Substanz	Fettsäuren in Procenten des Schimmels	Fettsäuren in Procenten …
a. Weinsaures Ammon 1%	56	2,82	56,4	0,308	10,9	2,51	1:8,2	6,67	0,7…
b. Essigsaures Ammon 1,23%	17	1,96	31,8	0,284	14,5	1,68	1:5,8	nicht best.	—
c. Bernsteinsaures Ammon 1%	48	2,70	54,0	0,534	19,8	1,17	1:4,5	11,11	2,1…
d. Weinsaures Ammon 1% und Weinsäure 1%	60	5,19	51,9	0,518	10,0	4,57	1:9,0	7,58	0,7…
e. Essigsaures Ammon 0,6% und Weinsäure 1,2%	34	4,42	49,1	0,940	21,2	3,48	1:3,7	nicht best.	—
f. Zucker 4,8% und Salmiak 0,8%	34	7,40	26,4	1,496	20,2	5,91	1:4,0	6,69	1,3…
g. Asparagin 1%	56	3,48	69,6	0,795	22,8	2,69	1:3,4	7,06	1,6…
h. Leucin 1%	28	3,05	61,0	0,905	29,7	2,15	1:2,3	11,50	3,4…
i. [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	nicht [illegible]	—

II.

Bei einer andern, früheren Versuchsreihe wurden Weinsäure und Zucker mit Albumin und Pepton bezüglich der Fettbildung in dem darauf gewachsenen Schimmel verglichen. Die Versuche[5]) waren folgende:

a) 500 g. Wasser, 5 weinsaures Ammon, 5 Weinsäure,

b) 500 g. Wasser, 50 Rohrzucker, 0,5 Phosphorsäure, 5 salpetersaures Kali; nach mehreren Wochen wurden noch 2 g. Salpetersäure zugesetzt,

c) 300 g. Wasser, 15 Rohrzucker, 3 weinsaures Ammon, 3 Weinsäure,

d) 300 g. Wasser, 3 Pepton, 2 Phosphorsäure,

e) 300 g. Wasser, 3 Albumin, 2 Phosphorsäure,

f) wie e, aber statt des gelösten, wurde hier unlösliches Eiweiss verwendet.

Nach Ablauf von zwei Monaten wurde der gebildete Schimmel bei 100° getrocknet gewogen und der Gehalt an Fettsäuren bestimmt. Was Versuch c betrifft, so wurde eine Bestimmung der noch vorhandenen Weinsäure und des Zuckers angeführt, um festzustellen, von welchem Material n dieser Mischung mehr verbraucht wurde. Die Titration ergab, dass noch 0,80 g. Zucker vorhanden waren. Von Gärungs- und organischen Oxydationsprodukten wurde nichts vorgefunden, wenigstens wurde auf Ameisensäure, Oxalsäure, Essigsäure, Buttersäure und Milchsäure vergeblich geprüft. Durch Ausschütteln einer angesäuerten eingedampften Portion mit Aether wurde eine sehr geringe Menge einer öligen, in Wasser schwerlöslichen Substanz erhalten. Eine andere Probe des Filtrats zur Trockne ver-

5) Als Nährsalze dienten hiebei:
0,1 pC. Dikaliumphosphat,
0,016 pC. Magnesiumsulphat,
0,005 pC. Chlorcalcium,
0,017 pC. Ammonsulphat.

dunstet hinterliess beim Behandeln mit Wasser wenig bräunlichen unlöslich gewordenen N-haltigen Materie.

Bei Bestimmung der noch vorhandenen Wein wurde ein Theil (1/4 des Filtrats) mit etwas Kalilösun hufs der Entfernung des Ammoniaks zur Trockne verdu dann die wässrige Lösung mit Essigsäure genau neutr und mit Chlorcalcium gefällt. Aus der erhaltenen des bei 100° getrockneten weinsauren Kalks (0,242 g rechnete sich, dass die angewandte Weinsäure bis 0,767 g. theils zum Aufbau der Vegetation gedient, zu Kohlensäure und Wasser verbrannt worden war. gleicht man diese Menge mit den ursprünglich vorhan 5,49 g. (3 g. als freie Säure und 2,49 g. im Ammonta so ergiebt sich, dass von der Weinsäure noch 13,9 vorhanden waren. Der Zucker aber war, obwohl an in viel grösserer Menge vorhanden, bis auf 6 proc. ver worden.

Was Versuch f betrifft, so hatte sich in Folge der äusserst langsam vor sich gehenden Peptonisirung des u lichen Eiweisses nach 2 Monaten nicht mehr als 0, Schimmel gebildet. Dieser erwies sich äusserst fett Ungelöstes Eiweiss war noch vorhanden 2,1 g.

Die bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate sind folgender Tabelle ersichtlich.

Nährstoffe	Erntegewicht	Procentgehalt Fettsäuren
a. Weinsaures Ammoniak und Weinsäure . .	0,540	8,08
b. Zucker und Kaliumnitrat	1,448	7,12
c. Zucker, Weinsäure und Ammontatrat . . .	2,301	12,35
d. Pepton	0,524	7,32
e. Albumin (gelöst) . .	0,531	8,79
f. Albumin (unlösliches)	0,200	0,53

III.

Um über den Grad der Fettbildung bei geringem Stickstoff- und steigendem Zuckergehalte der Nährlösung Aufschluss zu erhalten, wurden 6 Nährlösungen à 1 Liter mit gleichem Stickstoff- und Nährgehalt aber steigenden Mengen Rohrzucker (1, 5, 10, 50, 100 und 150 g. auf 1 Liter) mit Schimmelsporen besät. Als Stickstoffquelle diente schwefelsaures Ammoniak und zwar 0,3 g. per Liter; die übrigen Nährsalze waren 2,0 g. Dicalciumphosphat 0,3 g. Schwefelsaure Magnesia und 0,1 g. Chlorcalcium. Ferner erhielt jede Flasche 0,9 g. Phosphorsäure zur Verhinderung der Spaltpilzentwicklung. Die nach 6 Wochen gewogenen Ernten bildeten keineswegs eine mit den Zuckermengen wachsende Reihe, sondern eine ziemlich unregelmässige; nämlich:

	Procente Zucker in der Nährlösung	Erntegewicht
a)	0,1	0,210
b)	0,5	0,305
c)	1,0	0,230
d)	5,0	0,772
e)	10,0	2,700
f)	15,0	2,215

Bei c und e ergab sich also eine viel geringere Ernte, als der wachsende Zuckergehalt erwarten liess, was davon herrührte, dass die Vegetation in den verschiedenen Kolben einen ungleichen Verlauf nahm. Diese beiden Ernten wurden auch weiter nicht berücksichtigt.

Was das Verhältniss des Erntegewichts zum verbrannten Zucker betrifft, so betrug bei a jenes Gewicht 34,3 Proc. des Totalverbrauchs,[6]) bei f. aber nur 8,8 pC. Hier wurde also

6) Bei a wurde der Zuckergehalt durch Titration bestimmt, bei f durch Verdunstung von $^1/_{40}$ des Volums. Die Inversion des Rohrzuckers durch den Schimmelpilz geht verhältnissmässig sehr rasch vor sich. Eine 0,5 g Trockensubstanz entsprechende Menge Schimmelrasen invertirte bei gewöhnlicher Temperatur in 18 Stunden 0,3 g Rohrzucker (in einer 1procentigen Lösung.)

bei grösserer Concentraction auch mehr Substanz für die Einheit des Erntegewichts verbrannt.

Bei der Bestimmung der Fettsäuren wurden die Ernten a und b vereinigt, da sonst die einzelnen Mengen für eine genaue Bestimmung etwas zu gering gewesen wären. Die Resultate waren:

0,505 g.	(a+b)	gaben	0,080	Fettsäuren		15,84 pC.
0,710 g.	(d)	„	0,102	„	=	14,36 pC.
1,228 g.	(f)	„	0,284	„	=	23,13 pC.

Der an Fett reiche Schimmel f war auch verhältnissmässig reich an Cellulose, denn der Stickstoffgehalt betrug nur 2,55 pC., entsprechend 16 pC. Eiweiss. Wenn der Gehalt an Aschenbestandtheilen und „Extractivstoffen" hoch angeschlagen wird, so muss die Cellulose hier noch an 50 pC. betragen haben.

IV.

Um das Verhalten des Schimmels nach völligem Verbrauch der Nährlösung kennen zu lernen, wurden 3 Kolben mit 500 cc. einer 1 procentigen Albuminlösung[7]) beschickt und die Untersuchung nach verschieden langen Perioden vorgenommen. Die Ernte betrug nach 52 Tagen bei der [redacted]

Der Inhalt der zweiten Flasche wurde nach 86 Tagen abfiltrirt, das Erntegewicht betrug 0,864 g und das Eiweiss, respective das daraus gebildete Pepton war nun so gut wie völlig aus der Lösung verschwunden.

Die dritte Flasche wurde 106 Tage nach der Aussaat geprüft. Das Erntegewicht betrug nur 0,708 g, woraus sich im Vergleich mit der zweiten Flasche eine Abnahme ergiebt, welche wahrscheinlich der bereits eingetretenen Involution zuzuschreiben ist. Eine Bildung von salpetriger oder Salpetersäure aus dem Ammoniak liess sich nicht nachweisen, ein Process, den nach Schlösing und Müntz manche Spaltpilzarten (wohl nur in neutraler oder alkalischer Flüssigkeit) zu Stande bringen. Es wäre möglich, dass die Schimmelpilze in geringem Maase die Fähigkeit der Nitritbildung auch besässen, dann aber würde in den sauren Lösungen die gebildete salpetrige Säure auf das Ammoniak unter Zersetzung einwirken. Vielleicht beruht auf diesem Vorgang die Oxydation des Ammoniaks zu Stickstoff und Wasser, welche in geringem Grade bei den Schimmelpilzen statt hat.

V.

Um die bei der Involution vor sich gehende Aenderung der Zusammensetzung des Schimmels genauer zu verfolgen, wurde frischer, auf einer aus Eiweiss (1 pC.) und Zucker (2 pC.) bestehenden Nährlösung gewachsener Schimmelrasen in kleine Stücke zerschnitten und $^3/_4$ der Masse in verdünnte Phosphorsäurelösung von 1 pC. Gehalt gelegt, während $^1/_4$ getrocknet und zur Analyse verwendet wurde; letztres wog 1,456 g. 0,982 g gaben 0,158 Fettsäure = 16,09%. Da diese Fettsäure im Wesentlichen Oelsäure ist, so berechnet sich hieraus = 18,50% neutrales Fett. — 0,474 g. gaben 0,228 Pt = 6,84% N.

Nach 4 Wochen war der der Involution überlassene Schimmel in eine lockere weisse Masse verwandelt, der

frühere compacte Rasen war in einzelne Fäden zerfallen und hatte nicht unerhebliche Mengen von Stoffen an die Flüssigkeit abgegeben, was aus der Bildung eines neuen Schimmelrasens an der Oberfläche hervorging. Dieser wurde abgenommen und vom alten Schimmel getrennt; letzterer abfiltrirt, gewaschen und getrocknet wog nur noch 0,7475 g

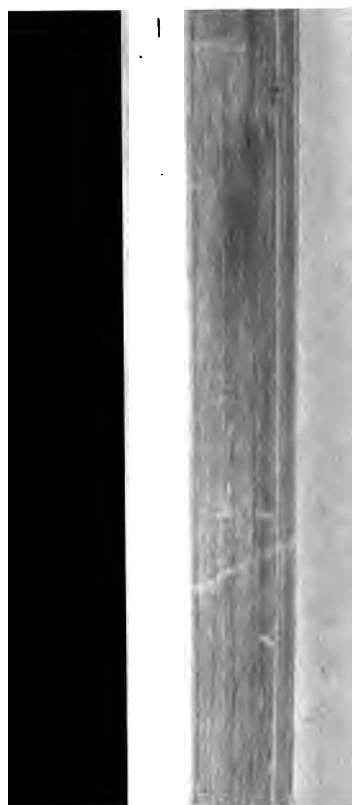
0,521 g gaben 0,229 Fettsäure = 43,9%, oder 50,54% neutrales Fett.

0,2265 g gaben 0,043 Pt = 2,69% N.

Es ergiebt sich also hieraus unter Verlust von Eiweiss eine starke Anhäufung von Fett. — Der Schimmel hatte ⁵/₆ seines Gewichtes verloren und zeigte im Wesentlichen folgende Zusammensetzung:

	Vor der Involution	Nach der Involution
Albumin	42,7	16,5
Fett	18,5	50,5
Cellulose*)	38,8	33,0

*) incl. Extractiv- und Mineralstoffe.



Ueber die Bewegungen kleinster Körperchen.

In der Sitzung der math.-phys. Classe vom 3. Mai wurde von Herrn Geh.-Rath von Pettenkofer eine Mittheilung über Experimente gemacht, welche Herr Dr. Soyka im hygienischen Institut ausgeführt hatte, und durch welche bewiesen werden sollte, dass eine Luftströmung von der minimalen Geschwindigkeit von kaum mehr als 2 cm. in der Secunde Fäulnisspilze von einer faulen Flüssigkeit wegführe, — und daraus die Unrichtigkeit meiner Angaben über den nämlichen Gegenstand in der Schrift über die niederen Pilze gefolgert.

Ich habe in jener Schrift bekannte physikalische Thatsachen für eine Theorie bezüglich des Wegführens von Spaltpilzen, die auf einer mehr oder weniger feuchten Unterlage befindlich sind, in die Luft und bezüglich ihres weiteren Transportes benutzt. Die wenigen Versuche, die ich angestellt hatte, bestätigten vollkommen die theoretischen Forderungen, so dass ich es für überflüssig hielt, dieser Sache auf experimentellem Wege weiter nachzugehen. Der Widerspruch, der jetzt im Schosse der Akademie mit dem Anspruch exacter experimenteller Begründung erhoben wird, veranlasst mich, diese Frage in Betracht ihrer wissenschaftlichen und mehr noch ihrer hohen praktischen Wichtigkeit noch einmal aufzunehmen und die Ergebnisse gleichfalls der Akademie vorzulegen.

In der Schrift über die „Niedern Pilze" habe ich d
Theorie nur ganz kurz behandelt. Die mehr populä
Haltung des Werkes erlaubte keine tiefere wissenschaftlic
Erörterung. Indem ich jetzt in diese Erörterung eintre
will ich dieselbe nicht blos auf die Befriedigung eines bestim
ten praktischen Zweckes beschränken, sondern ganz allgeme
die Bewegungen kleinster Körperchen, die wir als Sta
bezeichnen, zum Gegenstand meiner Betrachtungen mach
und zwar in drei Beziehungen: Bewegungen in der Lu
Bewegungen im Wasser und Wegführen von einer nass
oder trockenen Unterlage in die Luft. Ich werde dal
allerdings meine besondere Aufmerksamkeit denjenig
Fragen zuwenden, deren Beantwortung für die Verbreitu
der niederen Pilze (somit auch der Miasmen und Contagie
wichtig und entscheidend ist.

Zur Charakterisirung des zu besprechenden Objects b
merke ich im Voraus, dass ich, wie es bereits in d
„Niederen Pilzen" geschehen ist, von den in der Luft b
findlichen Staubkörperchen nach ihrer Grösse drei Grupp
unterscheide:

1. S i c h t b a r e (g r ö b e r e) S t ä u b c h e n, die m
von blossem Auge einzeln bei jeder Beleuchtung sieht. S

ruhigsten uns in grösseren Räumen bekannten Luft schwebend erhalten. Hieher gehören z. B. alle Spaltpilze, ebenso die den Rauch zusammensetzenden Körperchen, ferner die Bläschen des ziemlich trockenen Nebels.

Von den in einer Flüssigkeit befindlichen Staubkörperchen können wir gleichfalls drei Gruppen unterscheiden, die jedoch mit den ebengenannten nicht zusammenfallen:

1. Nicht tanzende Körperchen. Sie bleiben wegen ihres grösseren Gewichtes in Ruhe, wenigstens für das mit dem Mikroskop bewaffnete Auge.

2. Tanzkörperchen. Sie zeigen unter dem Mikroskop die durch Molekularkräfte verursachte Tanzbewegung (Brown'sche „Molecularbewegung"), fallen aber durch ihr Gewicht doch bald auf den Grund.

3. Schwebekörperchen. Sie sind so klein und leicht, dass sie in einer ganz ruhigen Flüssigkeit durch die Molekularkräfte festgehalten werden und nicht zu Boden sinken. Man kennt bis jetzt nur sehr wenige Substanzen in dieser feinen und für das Mikroskop kaum noch wahrnehmbaren Vertheilung.

I. Bewegungen in der Luft.

Rücksichtlich dieser Bewegungen wissen wir, dass die Luft unserer Zimmer mit Staub erfüllt ist, welcher darin herumfliegt. Wir sehen diese Staubtheilchen gewöhnlich nicht; manche derselben werden uns aber in dem Sonnenstrahl, der in ein verdunkeltes Zimmer fällt, als „tanzende Sonnenstäubchen" sichtbar. Wir wissen, dass ein starker Wind den Staub in den Strassen aufwirbelt, dass der Aschenregen von Vulkanen sich über ganze Länder verbreitet, und dass der Passatstaub aus fernen Welttheilen durch Luftströmungen hergeführt wird.

Es gibt, ausser der allgemeinen Anziehung der Erd die das Fallen bewirkt, und ausser der nur ausnahmsweis zur Geltung kommenden elektrischen Anziehung und Ab stossung, blos zwei Ursachen, von welchen allenfalls di Bewegungen der Staubkörperchen in der Luft abgeleit werden können, nämlich die Stösse der einzelnen Luft molecüle und die Massenbewegungen (Strömungen) der Luf

Seitdem die Vorstellung, dass die Molecüle der Gas mit grosser Geschwindigkeit durch einander fliegen, in de Physik Eingang und wegen ihrer unwiderleglichen Be gründung allgemeine Zustimmung gefunden hat, lies sich auch die Vermuthung aufstellen, dass die „tanzend Bewegung" der Sonnenstäubchen durch den häufigen un in verschiedenen Richtungen wirkenden Anstoss der Gas molecüle verursacht werde.[1]) Und man könnte selbst noc weiter gehen und vermuthen, dass die allerkleinsten Stäub chen, in dieser Weise wie elastische Bälle herumgeworfen sich wie die Luftmolecüle selber verhielten und dauern suspendirt erhalten blieben.

Man könnte zur Begründung des Letzteren anführen dass die Gase von ungleichem Moleculargewicht sich gleich mässig in einem gegebenen Raume verbreiten und das in der Atmosphäre bis auf jede zugängliche Höhe die Stick stoff- und Sauerstoffmolecüle in gleichem Verhältnisse ge mengt sind, obgleich sie ungleiches Gewicht haben un von der Erde ungleich stark angezogen werden.

Allein die Beziehungen, welche zwischen den ver schiedenartigen Gasmolecülen bestehen, können aus zwe Gründen nicht auf die Staubkörperchen ausgedehnt werden auch wenn diese vollkommen elastisch wären.

Einmal hat das spezifische Gewicht bei den Gasmole cülen, wo es übrigens gar nicht bekannt ist, keine Be-

---

1) Naumann allgem. u. physikal. Chemie S. 11

deutung, wohl aber bei den Staubkörperchen. In der Luft verdrängen die Stickstoffmolecüle und die Sauerstoffmolecüle nicht einander, sondern den Aether, dessen Raum sie einnehmen, und da dieser so gut wie gewichtslos ist, so hat kein Molecül ein grösseres Bestreben zu fallen als die übrigen. Die Verbreitung der Gasmolecüle im Luftraume erfolgt also nur nach den mechanischen Bewegungsgesetzen, wobei die Molecüle von verschiedenem Gewicht eine ungleiche Geschwindigkeit annehmen, aber durchschnittlich die gleiche kinetische Energie besitzen. — Grössere Körperchen dagegen haben immer das Bestreben zu sinken, weil sie ein bestimmtes Luftvolum (eine grosse Zahl von Molecülen) verdrängen und von der Erde stärker angezogen werden als gleich grosse Luftmassen.

Der zweite Grund, warum die Bewegungen der Gasmolecüle nicht zu einem Schluss auf die Bewegungen der Staubkörperchen benutzt werden dürfen, ist der, weil die letzteren wegen ihres ungleich grösseren Gewichts einer ganz anderen Ordnung von Körpern angehören. Wegen dieses grösseren Gewichtes sind sie in der That mitten unter den hin und herfliegenden Luftmolecülen so gut wie in vollkommener Ruhe, und es kann auch von einem Tanzen oder Zittern der Sonnenstäubchen in Folge der Molecularstösse nicht wohl die Rede sein.

Diess lässt sich leicht durch eine Berechnung der Zahl und der Energie der Molecularstösse darthun, welche ein Körperchen von bestimmter Grösse unter bestimmten Verhältnissen in der Luft erfährt. Eine solche Berechnung hat einen sichern Boden, seitdem man, Dank der mechanischen Gastheorie, eine ziemlich genaue Vorstellung von dem Gewicht und der Geschwindigkeit der Gasmolecüle hat. Wenn auch die absoluten Werthe, die man nach dieser Theorie auf verschiedenen Wegen erhält, nicht vollkommen übereinstimmen, so weichen sie doch nur wenig von

einander ab, und was au
über moleculare Dinge nur
neigt sind, beruhigen kann
physikalische Betrachtungen
absolute Grösse der Molecüle
geführt haben, welche der
der Gasmolecüle sich erge
kommt, — so dass es für
mit Körpern von wahrnehm
ist, ob man der einen oder

Nehmen wir an, dass i
einem Druck von 760 mm
cüle enthalten seien, so
Gewicht von 7- und das St
6 hunderttausendtrillionstel
sich mit der durchschnittlic
das letztere mit der Gesch

Secunde, so dass die kineti

eine und andere im Mittel

Die Gasmolecüle verhal

Betrachten wir zuerst die leichtesten Stäubchen, von deren Existenz wir Kenntniss haben. Es sind die kleinsten Spaltpilze (Micrococcus), welche mit Wasser imbibirt nicht mehr als 0,5 mik. (0,0005 mm) gross sind und sich mit den besten Vergrösserungen eben noch deutlich wahrnehmen lassen. Im trockenen Staubzustande, wie sie in der Luft herumfliegen, hat sich ihr Durchmesser auf die Hälfte verkleinert und das Gewicht beträgt 1 fünfzigbillionstel Gramm. Ein solches Stäubchen ist also 300 Millionen mal schwerer als ein Sauerstoff- oder Stickstoffmolecül, und die Geschwindigkeit, welche ihm durch den Stoss eines der letzteren ertheilt wird, beträgt kaum 0,002 mm in der Secunde, erreicht also noch nicht die Geschwindigkeit des Stundenzeigers einer Taschenuhr.

Die grösseren in der Luft befindlichen Körperchen erfahren durch den Stoss eines Luftmolecüls entsprechend geringere Veränderungen in ihren Bewegungen. Für einen Spaltpilz von 1 billionstel Gramm Gewicht, wie er am häufigsten in der Luft vorkommt, beträgt die Beschleunigung 0,00003 mm, für ein grösseres Weizenstärkekorn (Gewicht 0,000015 mg) 0,000000'004 mm, für ein mittleres Kartoffelstärkekorn (Gewicht 0,0001 mg) 0,000000'0006 mm und für ein gewöhnliches Sonnenstäubchen, dessen Gewicht etwa 0,001 mg ausmacht, sinkt die durch einen Molecularstoss erlangte Beschleunigung auf 0,000000'00006 mm in der Secunde, ist also 50 Millionen mal langsamer als die Bewegung des Stundenzeigers einer Taschenuhr.

In Wirklichkeit müssen die Beschleunigungen noch geringer sein, als soeben angegeben wurde, theils weil der Luftwiderstand, den die sich bewegenden Stäubchen zu überwinden haben, vernachlässigt, theils weil vollkommene Elastizität der Stäubchen angenommen wurde, während es wohl unzweifelhaft ist, dass ein Theil der lebendigen Kraft des Stosses für innere Arbeit verwendet wird.

Nun wird zwar ein Staubkörperchen zu gleicher Ze nicht bloss von einem, sondern von einer Unzahl v Molecularstössen getroffen. Aber selbst viele Million gleichzeitig in der nämlichen Richtung erfolgende Stös würden an einem Sonnenstäubchen noch keine sichtba Bewegung hervorbringen. Ueberdem prallen die Luf molecüle von allen Richtungen her an und heben sich ihrer Wirkung um so vollständiger auf, je grösser ih Zahl ist. Ein kugeliges Stäubchen von 0,001 mm Durch messer, das also zu den kleineren gehört und lange nich so gross ist, um als Sonnenstäubchen gesehen zu werde wird in der Secunde etwa von 1 Billion Luftmolecüle angestossen.[1]) Ein wirkliches Sonnenstäubchen aber e fährt eine noch viel grössere Zahl von Stössen.

1) Die Rechnung kann in verschiedener Weise ausgeführt werde wobei die Annahme, dass die Luftmolecüle einen Raum geradlin durchlaufen, das nämliche Resultat gibt, wie wenn man, der Wirkli lichkeit entsprechend, jede Bewegungsrichtung in Folge der zahlreiche Zusammenstösse aus vielen kleinen Bewegungsstücken sich zusamme gesetzt denkt. Einmal kann man von den in einem kugeligen Luf raume von 0,001 mm Durchmesser enthaltenen Molecülen ausgehe deren Zahl 11 Millionen beträgt, welche in dem angegebenen Raum einen mittleren Weg von 0,000523 mm zurücklegen und die in 1 Secund in Folge ihrer mittleren Geschwindigkeit von 485 m, 930 Million mal mit anderen abwechseln. Die Zahl der während 1 Secunde dur einen Luftraum hindurchgehenden Molecüle giebt die Zahl der Mole cularstösse auf einen soliden Körper von gleicher Grösse und Gesta an: in diesem Falle 930 Millionen mal 11 Millionen oder 10000 Bill onen. — Wenn man sich den kleinen Raum von 0,001 mm Durch messer als Hohlkugel denkt, so drückt die angegebene Zahl die währen 1 Secunde auf die innere Wandung erfolgenden Molecularstösse au welche selbstverständlich den von aussen anprallenden Stössen, dene sie das Gegengewicht halten, an Zahl gleichkommen.

Man kann anderseits von einem beliebig grossen Luftraum, z. B von einer Hohlkugel von 1 m Durchmesser, in welcher sich an irgen einer beliebigen Stelle das Staubkörperchen befindet, ausgehen. In dies Hohlkugel sind 11 Quadrillionen Molecüle enthalten, von denen jed

Die Bewegung, welche einem Sonnenstäubchen und überhaupt einem in der Luft befindlichen Staubkörperchen durch den Stoss eines einzelnen Gasmolecüls oder einer Vielzahl solcher Molecüle ertheilt wird, ist also so äusserst gering, und die Zahl der von allen Seiten gleichzeitig erfolgenden und sich gegenseitig aufhebenden Stösse ist so ausserordentlich gross, dass das Körperchen sich gerade so verhält, als ob es gar nicht angestossen würde. Es befindet sich daher in vollkommener Ruhe, soweit es nicht von Luftströmungen umhergeführt und durch sein Gewicht niedergezogen wird. In der That beobachtet man an den Sonnenstäubchen nichts von einer zitternden oder hüpfenden Bewegung wie etwa an den in Flüssigkeiten tanzenden Körperchen, sondern sie gleiten je nach den Luftströmungen langsamer und schneller neben und durcheinander. Und wenn zahlreiche Sonnenstäubchen etwa ein Flimmern und dadurch den Anschein einer hüpfenden Bewegung zeigen, so geschieht es, weil in Folge der Lageveränderungen bald das eine, bald das andere von dem Sonnenstrahl getroffen wird, aufblitzt und sich wieder unsichtbar macht.

Wenn die Bewegungen der Staubkörperchen in der Luft allein durch die Luftströmungen verursacht werden, so hängt Alles von der Frage ab: Wodurch werden sie schwebend erhalten? Aus der Beantwortung ergibt sich

---

während 1 Secunde durchschnittlich $\frac{485}{0,523}$ oder 930 Mal durch den Raum geht und somit möglicher Weise das Körperchen antrifft. Alle Molecüle zusammen machen 10000 Quadrillionen solcher Excursionen. Der grösste Querschnitt des Staubkörperchens nimmt den billionsten Theil des grössten Querschnitts der Hohlkugel ein. Von allen Luftmolecülen, die parallel einer bestimmten Richtung gehen, trifft also der billionste Theil das Körperchen, und im gleichen Verhältniss wird dasselbe auf allen Seiten von der Gesammtzahl der Excursionen aller Molecüle getroffen, nämlich von 10000 Billionen im Laufe einer Secunde.

dann sogleich auch, unter welchen Umständen sie steig sinken und seitliche Bewegungen ausführen.

Bleibt ein in der Luft befindliches Körperchen schw bend in gleichem Abstande von der Erde, so ist dies n möglich, wenn eine aufsteigende Luftbewegung seiner Fa bewegung gerade das Gleichgewicht hält. Die erforderlic Geschwindigkeit dieser Luftströmung lässt sich nun f jeden Körper von bestimmter Grösse, Gestalt und spe fischem Gewicht berechnen.

Wir können als Analogie uns an ein Gefäss n Wasser erinnern, dessen Ausflussöffnung nach oben gericht ist. Der daraus hervorspringende Flüssigkeitsstrahl erhe sich beinahe zum Wasserspiegel im Gefäss; die Differe in der Höhe kommt auf Rechnung der Reibung und d zurückfallenden Wassers. Die Ausflussgeschwindigkeit en spricht der Höhe der Flüssigkeitssäule vom Spiegel bis zu Ausflusse und ist die nämliche, wie wenn ein schwere Körper durch diese Höhe frei gefallen wäre, also

$$v = \sqrt{2 g h.}$$

Diese Geschwindigkeit des ausfliessenden Wassers hä das Gleichgewicht einer Wassersäule von gleichem Que schnitt und der Höhe h, und ist selbstverständlich auch i Stande, irgend einen anderen Körper von dem nämlich Gewichte zu tragen.

Der aufsteigende Luftstrom verhält sich rücksichtli der Tragkraft wie der Wasserstrom, mit dem Unterschie dass die Luft bei der Temperatur 0 und dem Druck ein Atmosphäre 770 mal weniger Masse enthält als das Wass und somit bloss ein 770 mal geringeres Gewicht zu trag vermag.

Für den Fall, dass der zu tragende Körper ein ande spezifisches Gewicht hat, als die strömende Flüssigkeit, g

die Formel $v = \sqrt{\frac{2\ g\ h\ \gamma_1}{\gamma}}$, worin g der Coeffizient der Beschleunigung, h der mittlere verticale Durchmesser des Körpers, γ_1 sein spezifisches Gewicht und γ das spezifische Gewicht der Flüssigkeit ist. Ist h, γ_1 und γ bekannt, so berechnet sich daraus die Geschwindigkeit v. Ist die letztere gegeben, so kann daraus h gefunden werden:

$$h = \frac{\gamma\ v^2}{2\ g\ \gamma_1}.$$

Das spezifische Gewicht (γ_1) luftrockener organischer Körper ohne grössere Poren ist im Allgemeinen 1,5. Insofern dieselben durch einen Luftstrom getragen werden sollen, hat man $v = \sqrt{\frac{2\ .\ 9{,}81\ .\ h\ .\ 1{,}5}{0{,}0013}}$ oder

$$v = 150{,}46\ \sqrt{h}$$

und $h = 22638\ .\ v^2$, worin v und h in Metern ausgedrückt sind.

Hiezu ist zu bemerken, dass v die Geschwindigkeit des senkrecht aufsteigenden Luftstromes oder die senkrecht aufsteigende Componente der Geschwindigkeit eines schiefen Luftstromes ist bei einer Temperatur von 0^0 und einem Barometerstand von 760 mm Quecksilber. h drückt die durchschnittliche verticale Höhe des getragenen Körpers aus. Die Grösse seiner horizontalen Querschnittsfläche kommt im Allgemeinen nicht in Betracht, da sie kleiner gedacht ist als der Querschnitt des Luftstromes. Sie hat nur insofern Bedeutung als ein breiterer Körper der Luft einen etwas grösseren Widerstand darbietet als ein schmälerer, sonst aber gleicher Körper, da an den Rändern die Tragkraft derselben nicht voll ausgenützt wird; ein horizontales Brett wird von der Luft etwas leichter getragen, als ein von diesem Brett abgeschnittenes kleines Stück. Aus dem gleichen Grunde hat auch die Gestalt des Querschnitts

etwelchen Einfluss; ein schmales Rechteck wird wen
leicht getragen als ein Quadrat von gleichem Fläcl
inhalte. Dies gilt für grössere Körper; für mil
skopische Körperchen kehrt sich, wie ich zeigen we
das Verhältniss um, weil bei ihnen ein neuer Factor
Geltung kommt.

Ausser der Gestalt des horizontalen Querschnittes
auch die Gestaltung der abwärts gerichteten (dem L
strome ausgesetzten) Oberfläche des getragenen Körpers
Bedeutung für das Resultat, indem der Druck der I
um so geringer ausfällt, je mehr sich diese Oberflä
zur Pyramiden- und Kegelform erhebt, und um so grös
je mehr sie zur ebenen oder gar zur concaven Fläche zurü
sinkt. In gleichem Sinne, nur in geringerem Masse, wi
die Gestaltung der aufwärts (dem Strome abgekehrt
Oberfläche.

Endlich übt auch die Geschwindigkeit des aufsteig
den Luftstromes, welcher zum Tragen des Körpers erford
lich ist, einen modificirenden Einfluss aus. Während
langsamen Strömungen die mechanische Kraft dem Quad
der Geschwindigkeit proportional ist, erreicht sie
grösserer Geschwindigkeit einen höheren Werth weg
der Luftverdichtung vor und der Luftverdünnung hin
dem Körper.

Wenn ein Körper in der Luft fällt, so nimmt
Fallgeschwindigkeit im Anfange stetig zu. Nach länge
oder kürzerer Zeit wird sie constant, — nämlich sob
sie so gross geworden, dass der Luftwiderstand der I
schleunigung das Gleichgewicht hält. Dieser Zustand t
natürlich um so schneller ein, je geringer das spezifis
Gewicht und der verticale Durchmesser des fallenden K
pers ist.

Die constante Geschwindigkeit, die ein Körper be
Fallen in ruhiger Luft erlangt, ist genau diejenige,

ein aufsteigender Luftstrom annehmen muss, um diesen Körper schwebend zu erhalten. Also gelten auch hier die allgemeinen Formeln $v = \sqrt{2\,g\,h}$ und $v = \sqrt{\frac{2\,g\,h\,\gamma_1}{\gamma}}$, und für den Fall, dass das spezifische Gewicht des Körpers $= 1{,}5$ ist, die Formel $v = 150{,}46\,\sqrt{h}$. [1])

Die verschiedenen Umstände, welche das Getragenwerden eines Körpers durch einen aufsteigenden Luftstrom modifiziren, machen sich ganz in der nämlichen Weise beim Constantwerden des Fallens geltend. Es sind die Grösse und die Gestalt des horizontalen Querschnitts, die Modellirung der abwärts und der aufwärts gekehrten Oberfläche und die absolute Geschwindigkeit des Falles.

Man kann sich leicht von der Richtigkeit des Gesagten überzeugen, indem man entweder leichte Körper durch einen künstlichen aufsteigenden Luftstrom von bekannter Geschwindigkeit schwebend erhält, oder was eher auszuführen ist, indem man sie in ruhiger Luft fallen lässt und die sehr bald erreichte Fallgeschwindigkeit bestimmt. Man kann sich dabei flacher Körper bedienen: dünner Papierblätter, sehr dünner Metallblättchen u. dgl., welche während des Falles ihre horizontale Lage behalten müssen. Da die Dicke und oft auch das spezifische Gewicht dieser Körper nicht genau zu ermitteln sind, so wird durch Wägen eines

1) Die Identität der constanten Geschwindigkeit eines fallenden Körpers in ruhiger Luft mit der Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstroms, die dem in Ruhe befindlichen Körper das Gleichgewicht hält, ergiebt sich schon aus der Erwägung, dass die Geschwindigkeit, die wir einem Körper im Vergleich mit einem anderen zuschreiben, nur die Differenz der Geschwindigkeiten beider ist, und dass es für alle mechanischen Betrachtungen auf das Gleiche herauskommt, ob man den einen oder den andern in absoluter Ruhe verweilen oder ob man beide sich bewegen lässt, wenn nur der Unterschied in der Bewegung der nämliche bleibt.

grössern Blattes das Gewicht der Flächeneinheit besti und daraus die Dicke einer Wasserschicht von glei Gewicht (h,) berechnet. Man erhält dann die Fo

$v = \sqrt{\frac{2\,g\,h,}{s}}$, worin s das spezifische Gewicht Luft verglichen mit Wasser bedeutet; also $v = \sqrt{\frac{2 \,.\, 9,}{0,00}}$ oder

$$v = 122,85 \sqrt{h,},$$

indem für v und h, der Werth in Metern einzusetzen i

Die Schwierigkeit bei solchen Versuchen besteht da dass die dünnen Blätter beim Fallen bald ins Schwan gerathen und schiefe Lagen annehmen. Am besten gel der Versuch bei Goldschlägerhaut, welche wegen i ausserordentlichen Dünnheit sehr schnell die const Fallgeschwindigkeit erlangt. Die meisten Papierblätter statten die Beobachtung bloss von dem Beginne des Fal bis kurze Zeit, nachdem die Geschwindigkeit constant worden ist. Die mittlere Geschwindigkeit während di Beobachtungszeit ist denn auch geringer als die berechn Fallgeschwindigkeit und beträgt 0,6 bis 0,7 der letzter

Indessen würde die constante Fallgeschwindigkeit h zontaler ebener Papierblätter, wenn sie beobachtet wer könnte, immer langsamer sein als es die Rechnung

---

1) Oder $v = 1228,5 \sqrt{h,}$, wenn v und h, in cm ausgedrückt

2) Ein Goldblättchen, von welchem 1 qcm 0,000153 g wiegt, in den ersten paar Secunden durchschnittlich 14 cm in der Sec wobei es aber im Anfange wohl noch nicht die volle Geschwindig besitzt. Die Rechnung verlangt 15,2 cm.

Ein Blatt Papier, welches auf 1 qcm ein Gewicht von 0,002 hat, fällt vom Beginn des Fallens an 1 m in 2,5 Secunden, also 4 in der Secunde, während die berechnete Geschwindigkeit 61,05 beträgt.

langt. Diess zeigt sich aus Versuchen mit dünnen Korkplatten (welche auf 1 qcm 0,065 g wiegen); dieselben fallen ziemlich regelmässig und legen in der Secunde etwa $^5/_6$ des berechneten Raumes zurück. Diese langsamere Bewegung rührt offenbar von der comprimirten Luft unter der fallenden Platte her, indem die Rechnung die gewöhnliche Dichtigkeit der Luft voraussetzt. — Auch feine dichte Drahtnetze (welche auf 1 qcm ein Gewicht von 0,065 g besitzen) sind für solche Fallversuche brauchbar. Die Geschwindigkeit scheint ziemlich die nämliche zu sein wie bei den Korkplatten.

Man kann einem Blatt Papier eine sehr gleichmässige Fallbewegung geben, wenn man in der Mitte desselben einen schweren Körper (z. B. einen Metallnagel) befestigt. In Folge dessen fällt es schneller und nimmt eine schwach nach aufwärts gebogene Gestalt an. Durch Letzteres wird der grössere Widerstand der verdichteten Luft compensirt und die Fallgeschwindigkeit stimmt oft genau mit der Rechnung.[1])

Für solche Fallversuche eignen sich indess noch besser Körper von kugeliger Gestalt und sehr geringem Gewicht, weil dieselben in ruhiger Luft stets ihre gleichmässige Fallgeschwindigkeit beibehalten. Ich bediente mich eines Gasballons, wie er als Kinderspielzeug verkauft wird. Derselbe hatte einen Durchmesser von 15,8 cm und wurde durch Anhängen von 0,45 g auf das Gewicht der Luft gebracht, so dass er frei schwebte ohne zu steigen oder zu fallen. Nun wurde er nach und nach mit verschiedenen Gewichten belastet (nämlich mit 0,1 g, 0,2 g und so weiter bis 3,55 und 4,55 g) und fallen gelassen. Das geringste Gewicht (0,1 g) und das grösste (4,55 g) gaben unsichere

---

1) Ein Blatt Schreibpapier von 350,2 qcm Flächeninhalt wog sammt dem daran befestigten Nagel 6,15 g, was 0,0175 g auf 1 qcm ausmacht. Die berechnete und die beobachtete constante Fallgeschwindigkeit betrug 1,61 m in der Secunde.

Beobachtungen, jenes, weil schon die schwächsten L strömungen das Fallen beschleunigten oder verzöger dieses, weil die Fallgeschwindigkeit zu gross war. übrigen Beobachtungen dagegen zeigten bei wie holten Versuchen innerhalb enger Grenzen constant bende Fallgeschwindigkeiten, welche wie bei den flac Körpern aus den Zeiten, die das Fallen durch 1, 2 3 Meter Höhe erforderte, sich ermitteln liessen. Differenzen zwischen den Fallzeiten von 1 zu 2 und 2 zu 3 m Fallhöhe waren gleich gross, indem nach 1. m Fallhöhe die constante Geschwindigkeit erreicht

Diese constante Fallgeschwindigkeit war bei a 9 Versuchen grösser als die berechnete, und zwar im Mi um 25 Proc., indem in einer bestimmten Zeit 125, statt berechneten 100 Längeneinheiten zurückgelegt wur Der Unterschied ist ohne Zweifel aus dem Umstande zu klären, dass wegen der kugeligen Gestalt des Ballons ni der dem Querschnitte entsprechende volle Luftwiderstand a genützt wurde.

Es hat demnach keine Schwierigkeit, für grös Körper die constante Fallgeschwindigkeit in ruhiger L und die mit ihr identische Geschwindigkeit eines verti aufsteigenden Luftstroms, welcher die Körper schwebe erhält, annähernd zu bestimmen. Nun ist die Frage, wiefern diese Bestimmung auch für Körper von kleins Dimension gilt. Wenn kein weiterer Unterschied als in der Grösse bestände, so wäre die nämliche Berechnu auch für alle Staubkörperchen anwendbar, und würde insofern modifizirt, als mit der Verkleinerung des horiz talen Querschnittes eine grössere Einbusse in der Wirku des Luftwiderstandes einträte und daher in der Form $v = 122{,}85\sqrt{h}$, die Geschwindigkeit v im Verhältniss der Grösse h, sich etwas steigerte.

Es ist jedoch ein Umstand vorhanden, welcher mit dem Kleinerwerden der Körperchen früher oder später für das Schweben und Fallen derselben in der Luft wirksam werden muss. Bekanntlich wird die Oberfläche fester Körper von einer Schicht verdichteter Luft überzogen, welche durch Reiben und Erhitzen weggenommen und durch Flüssigkeiten verdrängt werden kann. Ihre Mächtigkeit sowie ihre übrigen Eigenschaften sind noch unbekannt. Wir wissen nur, dass die verdichtete Luftschicht durch Molecularanziehung zu Stande kommt, dass sie demnach eine viel grössere Dichtigkeit und eine viel geringere Beweglichkeit haben muss als die freie Luft. Der Theil derselben, welcher zunächst der Oberfläche sich befindet, mag selbst nahezu unbeweglich sein.

Ein kleinstes Körperchen, das mit seiner verdichteten Lufthülle in der Luft schwebt, ist dem mit seiner Atmosphäre im Aetherraume befindlichen Erdball ähnlich.

Die verdichtete Lufthülle vergrössert wegen ihrer geringen Verschiebbarkeit gleichsam das Volumen eines Körperchens, ohne sein absolutes Gewicht merklich zu erhöhen. Sie hat die Bedeutung eines Fallschirms oder eines Segels, indem sie den für mechanische Aktion wirksamen Querschnitt erweitert.

Dieser oberflächliche Luftmantel kommt allen festen Körpern zu; aber bei grösseren Dimensionen derselben wird die dadurch bedingte Vermehrung des Querschnitts und somit seine Wirksamkeit für die Bewegungen in der Luft unmerklich gering. Mag sein Radius aber noch so klein sein, so muss es kleinste Körperchen geben, gegen deren Radius er nicht mehr vernachlässigt werden darf, und deren Bewegungen in der Luft daher nicht blos von Gewicht und Querschnitt, sondern auch von dem Luftmantel abhängen.

Es ist die Aufgabe des Experiments, die Dicke unbeweglichen Lufthülle an Substanzen von bestim chemischer Zusammensetzung und somit auch die o Grenze für die Grösse der Körperdimensionen zu ermit bei welcher die Wirksamkeit unmerklich klein wird. betreffenden experimentellen Thatsachen bleiben einer genden Mittheilung vorbehalten; ich bemerke für jetzt b dass, wenn der Unterschied zwischen den Bewegungen Staubkörperchen und denen grösserer Körper allein d den Luftmantel verursacht wird, die Wirksamkeit des l teren behufs Fliegens alle Erwartungen übertrifft, dass Luftmantel viel mächtiger ist, als man irgendwie vor setzen konnte und dass er auch bei Körperchen, die gross sind, um als Sonnenstäubchen einzeln sichtbar werden, die hauptsächlichste Tragkraft darstellt.

Ein Stärkekörnchen, welches das nämliche Gewicht wie ein aus einem Goldblättchen herausgeschnitten geda tes Stückchen von gleichem Querschnitt, sollte, wenn i der Luftmantel fehlte, wegen seines kleineren Querschni etwas schneller fallen als das ganze Goldblättchen. Wirklichkeit fällt es aber vielmal langsamer. — Die grösse Weizenstärkekörner von linsenförmiger Gestalt haben nur 5 Theil derjenigen Fallgeschwindigkeit, welche sich der Berechnung unter der Voraussetzung ergiebt, dass beim Fallen alle möglichen Lagen annehmen. Das wü auf einen Luftmantel hindeuten, welcher den Radius wirksamen Querschnittes um etwa 0,04 mm vergrössert.

Die Mächtigkeit der verdichteten Luftschicht an ei frei in der Luft befindlichen Oberfläche wäre also ungle viel bedeutender als die verdichtete Wasserschicht an ein in Wasser liegenden Körper, da nach Quincke der Ra der Wirkungssphäre eines festen Körpers auf eine Flüss keit nur etwa 0,000005'5 mm beträgt.

Dieser Gegensatz zwischen verdichteter Luft- u

Wasserschicht lässt sich aus dem Umstande erklären, dass die Wassermolecüle durch sehr starke Molecularkräfte unter einander verbunden sind, und dass daher ihnen gegenüber die Anziehung einer festen Substanz nur auf eine sehr geringe Entfernung ein bemerkbares Uebergewicht zu behaupten vermag, — während die Luftmolecüle, die bloss durch die Stösse auf einander einwirken, die Anziehung eines Körpers auf einen viel grösseren Abstand in nachweisbarem Masse empfinden müssen.

Von dem Luftmantel, welcher feste Körper, besonders wenn sie organischer Natur sind, überzieht, vermuthe ich übrigens, dass er vorzüglich aus verdichtetem Wasserdampf (nicht zu verwechseln mit Wasser oder mit Bläschendampf) bestehe. Dafür spricht die grosse Verwandtschaft, welche viele organische Verbindungen (namentlich die Kohlenhydrate und die Albuminate) zum Wassermolecül haben, und die so gross ist, dass die organisirten Körper in trockner Luft 15 bis 20 Proc. Wasser festhalten und dasselbe erst bei 100° C. oder darüber fahren lassen. Eine besondere Verwandtschaft zu Sauerstoff oder Stickstoff ist dagegen nicht bekannt und auch nicht wahrscheinlich.

Dass der Luftmantel eine grosse Menge von Wassergas enthalte, lässt sich auch desswegen vermuthen, weil eine bloss aus permanenten Gasen bestehende erhebliche Luftverdichtung nicht wohl denkbar ist. Wenn auch die an den Luftmolecülen haftenden Molecularkräfte im gewöhnlichen Zustande wegen der verhältnissmässig grossen Entfernungen unwirksam sind, so müssen sie sich doch geltend machen, sowie die Luftmolecüle näher zusammentreten. Bei den permanenten Gasen sind dann die abstossenden Kräfte im Uebergewicht, wie ihr Widerstand gegen die Verdichtung zum flüssigen Zustande beweist. Die Luftverdichtung wird also viel leichter zu Stande kommen,

wenn zwischen den Sauerstoff- und Stickstoffmolecül reichliche Wassermolecüle vertheilt sind.

Ausser dem Luftmantel giebt es noch eine and Ursache, welche das Fallen kleinster Körperchen verzög und ihr Getragenwerden durch einen aufsteigenden Lu strom befördern muss, nämlich die Reibung. In der Form $v = \sqrt{2 g h}$ ist dieses Moment vernachlässigt; sie set voraus, dass das Fallen im leeren Raume geschehe, fern dass das aufsteigende Medium nur den zu tragenden Körp treffe und nicht an ihm vorbeistreichend durch Reibu auf ihn wirke, und ebenso dass der mit constanter G schwindigkeit fallende Körper nur mit seiner unteren Fläc auf das Medium stosse und nicht durch Reibung an seine Umfange behindert werde.

Diess kann für grössere in der Luft befindliche Körp ohne bemerkbaren Fehler angenommen werden. Es i aber, da der Querschnitt mit dem Quadrat und der U fang mit der ersten Potenz des Durchmessers abnimm ausser Zweifel, dass, wenn man die Körper immer klein werden lässt, man einmal bei einer Kleinheit anlangt, der Reibungswiderstand einen nicht zu vernachlässigend Werth erreicht, und dass derselbe bei noch kleiner werdend Körpern verhältnissmässig immer grösser wird.

Ueber den Betrag des Reibungswiderstandes lässt si noch nichts Bestimmtes aussagen. Man kennt zwar sei Grösse in Capillarröhren von ungleichem Durchmesser u ungleicher Länge. Es lässt sich daraus aber kein Schlu ziehen auf eine Reibungsfläche von fast verschwindend Länge. Und wenn diess auch geschehen könnte, so wi die Beurtheilung unmöglich durch den Umstand, dass d Mantel von verdichteter Luft jedenfalls vorhanden ist u dass man über seine Mächtigkeit und seine physikalisc Beschaffenheit nichts weiss.

Man kann daher die Ursachen, welche den Fall kleinster Körperchen in der Luft verzögern und sie gegenüber einem aufsteigenden Luftstrom gleichsam leichter machen, nicht von einander trennen. Man kann sich die Gesammtwirkung dieser Ursachen nur so vorstellen und in Rechnung bringen, dass durch dieselben der wirksame Querschnitt eines Körperchens je nach seiner chemischen Beschaffenheit, nach seiner Form und Grösse in einem bestimmten Masse vergrössert wird.

Die Frage, unter welchen Umständen Staubkörperchen von der Luft getragen und fortgeführt werden, unter welchen Umständen sie sinken und sich auf den Boden legen, ist von besonderer Wichtigkeit mit Rücksicht auf die Spaltpilze, namentlich die Miasmen- und Contagienpilze. Denn darin beruht das eine Moment ihrer Verbreitung. Es handelt sich also, wie bereits gesagt, darum, die Grenze zwischen Steigen und Fallen zu bestimmen. Bleibt innerhalb eines Raumes die Luftbewegung unter dieser Grenze, so wird nicht nur das Aufsteigen der Spaltpilze unmöglich, sondern es wird auch durch Niedersinken der schwebenden Pilze die Luft von ihnen gereinigt. Erreicht ferner in einem Medium, welches seiner Natur nach nur schwache Luftströmungen gestattet (wie z. B. im Boden), die vertical aufsteigende Componente der Luftgeschwindigkeit nicht jene Grenze, so können auch die Spaltpilze in dem fraglichen Medium nicht aufsteigen und aus demselben in die Atmosphäre entweichen.

Die Bestimmung der eben genannten Grenze für das Aufsteigen der Spaltpilze giebt auch die Aussicht zur Entscheidung einer der wichtigsten Fragen, welche diese Pilze betrifft, nämlich der Frage, ob die jetzt bekannten Formen und Zustände der Spaltpilze den Formenkreis der Gruppe wirklich umgrenzen, oder ob es vielleicht noch kleinere

gebe, die sich der jetzigen mikroskopischen Wahrnehmung entziehen.

Die kleinsten Spaltpilze, die man kennt, stehen bekanntlich an der Grenze der Sichtbarkeit. Man würde sie, wenn uns die leistungsfähigen Mikroskope der Jetztzeit mangelten, entweder gar nicht sehen oder wenigstens nicht als Organismen nachweisen können. Gäbe es aber noch kleinere Formen, so würde man dieselben auch mit den jetzigen Instrumenten nicht erkennen. Es sind also nahe liegende Fragen, wenn wir aus verschiedenen wissenschaftlichen und praktischen Beweggründen gerne wissen möchten: Ob es, neben den bekannten, noch kleinere, bei unseren jetzigen optischen Hülfsmitteln unsichtbare Spaltpilze gebe? Ferner ob die bekannten Pilze vielleicht noch besondere Sporen oder Keime bilden, die uns wegen ihrer Kleinheit entgehen?

Diese Fragen können experimentell gelöst werden, wenn es gelingt, genau die Geschwindigkeit eines aufsteigenden Luftstromes zu bestimmen, welcher die bekannten kleinsten Spaltpilze schwebend zu erhalten vermag. Giebt es keine Pilze oder Keime, die kleiner und leichter sind, so muss ein abgeschlossener Luftraum mit geringerer Luftgeschwindigkeit als die gefundene pilzfrei werden und pilzfrei bleiben, und eine darin befindliche pilzfreie Nährlösung muss sich unverändert erhalten. Giebt es dagegen noch kleinere, unsichtbare Pilzformen oder unsichtbar kleine Keime von bekannten grösseren Formen, so muss in einem abgeschlossenen Luftraum, in welchem jene Luftgeschwindigkeit nicht erreicht wird, eine ausgekochte Nährlösung verändert, getrübt, zersetzt und mit Pilzvegetation erfüllt werden.

Ich will noch eine Bemerkung beifügen über die Berechnung, zu denen diese Untersuchungen Veranlassung geben. Die Factoren, von denen die Tragkraft eines be-

stimmten Luftstromes abhängt, sind das Gewicht des Körperchens, sein horizontaler Querschnitt und die Vergrösserung, welche dieser Querschnitt durch den Luftmantel und die Reibung erfährt, und welche ich der Kürze halber als Dicke des Luftmantels bezeichnen will.

Was Gewicht und Grösse der lufttrockenen Spaltpilze betrifft, so können diese Werthe nicht direct bestimmt, sondern sie müssen aus der mikroskopischen Untersuchung der in einer Flüssigkeit befindlichen Pilze, also aus der Gestalt und Grösse der von Wasser durchdrungenen Zellen ermittelt werden. Die Spaltpilze enthalten im benetzten Zustande durchschnittlich 80, im lufttrockenen Zustande 20 Proz. Wasser. 400 Gewichtstheile benetzter Pilze (320 Wasser und 80 Substanz) trocknen also auf 100 (20 Wasser und 80 Substanz) ein, oder das Gewicht vermindert sich beim Trocknen von 1 auf 0,25. — Im benetzten Zustande beträgt das spezifische Gewicht ungefähr 1,1 und im lufttrockenen Zustande 1,4. Also vermindert sich das Volumen beim Trocknen von $\frac{1}{1,1}$ auf $\frac{0,25}{1,4}$, oder von 1 auf 0,196429.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass die benetzten Spaltpilze entweder kugelig oder stäbchenförmig sind, und wir können als sehr wahrscheinlich voraussetzen, dass sie ihre Gestalt beim Trocknen behalten oder doch nur in unbedeutendem, die Rechnung nicht störenden Masse verändern. Was zuerst die kugeligen Formen betrifft, so ist ihr Durchmesser im benetzten Zustande bekannt; daraus können die anderen Werthe bestimmt werden. Ist der Durchmesser der benetzten kugeligen Zelle 2 r und ihr Volumen $\frac{4}{3} r^3 \pi$, so vermindert sich dieses beim Trocknen auf $\frac{4}{3} r^3 \pi \, . \, 0,196429$. Der Querschnitt vermindert sich

demnach von $r^2 \pi$ auf $r^2 \pi \,.\, 0{,}337912$ und der Durc messer von 2 r auf 2 r . 0,581302.

Würden sich die kleinsten Körperchen rücksichtli ihres Transportes durch die Luft so verhalten wie gros Körper, so liesse sich die Geschwindigkeit des vertical au steigenden Luftstroms, welcher sie schwebend erhält, na der früher abgeleiteten Formel $v = 1228{,}5 \sqrt{h_1}$ (v und l in cm ausgedrückt) berechnen. h_1 bedeutet die Höhe ein Wasserschicht von gleicher Grundfläche und gleichem G wicht wie der horizontale Querschnitt und das Gewicht d Körpers, und ist gleich dem Volumen des Körpers mult plizirt mit dem spezifischen Gewicht desselben und divid durch seinen horizontalen Querschnitt. Also hat man fi den vorliegenden Fall

$$h_1 = \frac{4\, r^3 \pi \,.\, 0{,}196429 \,.\, 1{,}4}{3\, r^2 \pi \,.\, 0{,}337912} \text{ oder } h_1 = 1{,}085097 \,.\, r$$

ferner $\sqrt{h_1} = 1{,}04168 \sqrt{r}$ und $v = 1279{,}70 \sqrt{r}$ (in cm

Diese Formel gilt für den Fall, dass eine Lufthül und ein Reibungswiderstand nicht vorhanden oder im Ve hältniss zu r so gering sind, dass sie vernachlässigt we

$$\text{ferner } \sqrt{h_1} = \frac{0{,}605529 \, . \, \sqrt{r^3}}{r \, . \, 0{,}581302 + m} \text{ und}$$

$$v = \frac{743{,}893 \, . \, \sqrt{r^3}}{r \, . \, 0{,}581302 + m} \text{ (in cm).}$$

Die stäbchenförmigen Spaltpilze sind cylindrisch[1]) mit abgerundeten Enden. Wenn wir sie der Einfachheit wegen als vollkommen cylindrisch betrachten, so begehen wir nur einen unbedeutenden Fehler, indem Volumen und Längsschnitt etwas zu gross ausfallen. Das Volumen im benetzten Zustande ist $r^2 \pi l$ (wenn $2r$ den Durchmesser und l die Länge bezeichnet), im lufttrockenen Zustande $r^2 \pi l \, . \, 0{,}196429$.

Ich will nur diejenige Stellung des Stäbchens berücksichtigen, bei welcher seine Achse horizontal gerichtet ist, weil in dieser Lage die geringste Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstroms zum Tragen der Pilze erforderlich ist. Der horizontale Querschnitt ist nun $2rl$ im benetzten und $2rl \, . \, 0{,}337912$ im lufttrockenen Zustande. — Ein solcher horizontal liegender Cylinder hat das Gewicht einer Wasserschicht, deren Höhe

$$h_1 = \frac{r^2 \pi l \, . \, 0{,}196429 \, . \, 1{,}4}{2rl \, . \, 0{,}337912} \text{ oder } h_1 = 1{,}27835 \, . \, r. \text{ Hieraus}$$

erhält man (wobei die Länge der Stäbchen gleichgültig ist) die zum Tragen erforderliche Luftgeschwindigkeit

$$v = 1388{,}90 \sqrt{r} \text{ (in cm).}$$

Mit Berücksichtigung der Lufthülle von der Dicke m wird die Höhe einer dem horizontalen Cylinder entsprechenden Wasserschicht

$$h_1 = \frac{r^2 \pi l \, . \, 0{,}196429 \, . \, 1{,}4}{2 \, (r \, . \, 0{,}581302 + m) \, (l \, . \, 0{,}581302 + m)} \text{ oder}$$

---

1) Die Angabe von plattgedrückten Stäbchen ist durch optische Täuschung veranlasst worden.

$$h_1 = \frac{0{,}431969}{(r\,.\,0{,}581302 + m)\;(l\,.\,0{,}581302 + m)}.$$

Hieraus berechnet sich die Geschwindigkeit

$$v = 807{,}436 \sqrt{\frac{r^2\, l}{(r\,.\,0{,}581302 + m)\;(l\,.\,0{,}581302 + m}}$$

(in cm).

Durch Versuche lässt sich v für kugelige und cyli drische Spaltpilze ermitteln und daraus dann die wirksa Dicke des Luftmantels (m) berechnen. Nach einigen vo läufigen Versuchen würde diese Dicke für Stärkekörn wie bereits angeführt wurde, etwa 0,04 mm betragen.

II. Bewegungen im Wasser.

Die Erklärung der Bewegungen kleinster Körperchen wi viel schwieriger, wenn sie sich in einer Flüssigkeit a wenn sie sich in der Luft befinden, weil dort die mecha ischen Verhältnisse complizirter sind. Was die Luft b trifft, so können die Gasmolecüle, da sie nicht in bemer barem Masse durch die Molecularkräfte, sondern nur dur die elastischen Stösse aufeinander einwirken, auch die Ort veränderungen der suspendirten Stäubchen bloss entwed durch die Einzelstösse oder durch die Massenbewegung beeinflussen. In einer Flüssigkeit dagegen bewegen si die Molecüle nicht bloss durcheinander, sondern wirk auch durch anziehende und abstossende Kräfte sehr energis auf einander ein, und es ist daher denkbar, dass sie eben falls die suspendirten kleinsten Körperchen theils dur Einzelstösse, theils durch Massenbewegungen, theils dur Molecularkräfte in Bewegung setzen.

Die Erscheinung, welche am meisten die Aufmerksam keit der Beobachter auf sich gezogen hat, ist die Tanzb wegung (Brown'sche „Molecularbewegung"). Bezüglic derselben ist durch Wiener und später durch Exne

chgewiesen worden, dass die Ursache davon in der Flüssig-
it selbst zu suchen und inneren, dem Flüssigkeitszustande
;enthümlichen Bewegungen zuzuschreiben sei. Sollte diess
er so verstanden werden, dass es die Stösse selber der
verschiedenen Richtungen sich bewegenden Flüssigkeits-
lecüle und nicht etwa die Molecularkräfte derselben überhaupt
en, welche die mikroskopisch sichtbaren Körperchen zum
nzen bringen, so wäre eine solche Annahme noch
niger begründet als die analoge Vermuthung für das
nzen der Sonnenstäubchen.

Wenn die Molecularstösse das Tanzen kleinster Körper-
en im Wasser bewirkten, so müssten in der nämlichen
issigkeit und bei der nämlichen Temperatur die Ge-
windigkeiten der Tanzbewegung für gleiche Form und
iches spezifisches Gewicht der Körperchen annähernd im
gekehrten Verhältnisse zu ihrer Masse stehen, sohin mit
iehmender Masse stetig abnehmen und bei einer be-
nmten Grösse unmerklich werden. Es müssten ferner
Geschwindigkeiten bei den nämlichen Körperchen unter
rigens gleichen Umständen constant bleiben; sie könnten
ht langsamer werden oder gar zur Ruhe kommen.

Alles dies trifft aber durchaus nicht mit der Genauig-
t zu, wie man es von der Wirkung einer mechanischen
sache erwarten müsste. Man macht sogar oft Beobacht-
gen, welche der angegebenen theoretischen Forderung
iz zu widersprechen scheinen. Dabei setze ich natürlich
aus, dass man nur freischwebende Körperchen beob-
ıte, und sich nicht etwa durch solche täuschen lasse,
lche dem Objectträger oder dem Deckglas oder der freien
erfläche der Flüssigkeiten anhängen und in Folge der
häsion entweder keine oder eine verlangsamte Bewegung
gen.

Die Zweifel, welche in Folge solcher Beobachtungen
ı erheben, werden durch die theoretische Behandlung der

Frage vollkommen bestätigt. Eine genaue Berechnung d Geschwindigkeit, welche die Wassermolecüle durch i Stösse einem kleinsten Körperchen von bestimmtem Gew zu ertheilen vermögen, ist zwar nicht ausführbar, weil Geschwindigkeit der Flüssigkeitsmolecüle unbekannt Wir wissen in dieser Beziehung nur, dass die Wasserm cüle jedenfalls sich viel langsamer bewegen als die L molecüle, da jene durch Molecularkräfte mit einander v bunden sind und einen bedeutenden Reibungswiderst zu überwinden haben, welcher bei den Gasen, mit A schluss des fast verschwindenden Widerstandes von S des Aethers, ganz wegfällt.[1])

Die Wirksamkeit des Stosses eines Wassermolecüls ein kleines Körperchen ist also schon wegen seiner gering Geschwindigkeit viel geringer als die Wirksamkeit ei Gasmolecüls von gleichem Gewicht. Sie wird überd noch durch den Umstand, dass das Wasser wegen sei 770 mal grösseren Dichtigkeit einen grösseren Widerst darbietet, in entsprechendem Masse vermindert.

---

1) Der flüssige Zustand stellt bezüglich der Geschwindigkeit Molecularbewegungen ein mittleres Verhältniss dar zwischen dem fe und dem gasförmigen Zustand. Um 1 g Eis in Wasser von 0° verwandeln, bedarf es 80 Cal. Die Wärme wird dazu verwendet, die früher fest verbundenen Molecüle von einander loszureissen ihnen eine gewisse mittlere fortschreitende Bewegung zu erthei wobei zugleich auch die inneren Schwingungen in den Molecülen e sprechend beschleunigt werden. Geht 1 g Wasser von 0° in Wasserda von 0° über, so werden 606 Cal. aufgenommen. Sie dienen dazu, Wassermolecüle vollständig von einander zu trennen und die Gesch digkeit ihrer fortschreitenden sowie der inneren schwingenden Bew ungen zu vermehren. Aus der Vergleichung der latenten Schmelzwä mit der latenten Verdampfungswärme lässt sich entnehmen, dass Wassermolecüle beim Uebergang aus dem flüssigen in den gasförmi Zustand die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen sehr beträchtl steigern müssen.

Wenn wir die Geschwindigkeit berechnen, welche ein Wasser tanzendes Körperchen in der Luft durch den ss eines Wassergasmolecüls erhielte, so fällt dieselbe lmal grösser aus als die Geschwindigkeit, welche dem- en im Wasser durch ein Wassermolecül ertheilt wird. kugeliges oder polyedrisches Stärkekörnchen von 3 mik. 003 mm) Durchmesser zeigt die Tanzbewegung sehr tlich. Dasselbe würde durch den Anstoss eines Wasser- molecüls in der Luft eine Geschwindigkeit von 00002 mm in der Secunde erhalten. Da uns eine Be- gung unter dem Mikroskop nach Massgabe der linearen grösserung beschleunigt erscheint, so müssen wir die en berechnete Geschwindigkeit, um sie mit der bei maliger Vergrösserung beobachteten zu vergleichen, mit multipliziren. Wir erhalten somit 0,001 mm als Ge- windigkeit eines von dem Stoss eines Wassermolecüls er den angegebenen Bedingungen getroffenen Stärke- nchens, wie sie uns unter dem Mikroskop sich dar- len würde. Sie ist immer noch 3mal langsamer als Bewegung des Stundenzeigers einer Taschenuhr dem sen Auge erscheint, und würde die wirkliche Geschwin- keit der Tanzbewegung noch lange nicht erreichen, n sie sich um das Zehntausendfache beschleunigte.

Wenn man ferner berücksichtigt, dass in dieser Be- nung die Geschwindigkeit des anstossenden Wasser- ecüls um ein Vielfaches höher angenommen wurde, als wirklich ist, und dass der bedeutende Widerstand des ssers gänzlich vernachlässigt wurde, so können wir l behaupten, das eine Million von Wassermolecülen Stärkekörnchen im nämlichen Moment in der gleichen htung treffen müsste, um den einzelnen Ruck des tanzen- Stärkekörnchens zu erklären. Nun sind es zwar wohl r als eine Billion von Molecularstössen, welche das Wasser befindliche Stärkekörnchen während einer Secunde

ster Körperchen im Wasser ande
aufzusuchen als die Ortsbewegunge
cüle und wir können dieselben n
und abstossenden Kräften finden,
den in geringer Entfernung vor
Molecülen wirksam sind, und dere
Eigenschaften der Flüssigkeiten be
oberflächlichen Molecüle der im W
mit den angrenzenden Molecülen
seitigem Bereiche der Molecularkr
auch jede einzelne dieser Kräfte au
freischwimmenden und hinreichend
fluss haben. Welche derselben ab
ausübe und die mikroskopisch sich
hervorbringe, bleibt vorerst unbeka
Vorliebe an elektrische Anziehung
so ist dies weiter nichts als eine M
schiedenen Beziehungen näher zu l
eine andere.[1])

---

1) Der erheblichste Einwurf, den man
Tanzbewegung durch Molecularkräfte und
stösse verursacht werde, erheben könnte,
zelne Flüssigkeitsmolecül durch Anziehung
grösseren und schwereren Staubkörperchen

Wenn meine Theorie im Allgemeinen begründet ist, hat die Ortsbewegung der Molecüle nur einen indirekn Einfluss auf die Tanzbewegung, insofern sie stets neue oleculare Kräfte wirksam werden lässt. Langsamere olecularbewegungen können selbst förderlicher für die anzbewegung sein, da diese nicht mehr eine Function der össe der Molecüle und des Widerstandes der Körperchen t. Es wird uns ferner erklärlich, warum grössere Körperien nicht nach Massgabe ihres Gewichtes träger werden, ja die bewegenden Kräfte mit der Oberfläche wachsen, id warum gleichgrosse Körperchen der gleichen Substanz verschiedenen Flüssigkeiten und verschiedener Substanzen der nämlichen Flüssigkeit ungleiche Bewegungen zeigen, ja die chemische Beschaffenheit der Körperchen und der lüssigkeit die bewegenden Kräfte verändern.

Was die übrigen Bewegungen der kleinsten Körperchen einer Flüssigkeit betrifft, so lassen sich dieselben am sten beurtheilen, wenn, wie bei den Bewegungen in der ıft, die Frage erörtert wird, unter welchen Umständen e Körper schwebend erhalten bleiben. Da sie im Allgeeinen ein anderes spezifisches Gewicht besitzen als die üssigkeit, so müssen sie, wenn nicht besondere Ursachen nzukommen, entweder fallen oder steigen. Man möchte var vielleicht meinen, dass ausserordentlich kleine Körrchen, die nur wenig schwerer sind als Wasser, von esem wohl getragen werden möchten. Allein die Bengung hiefür könnte doch nur die sein, dass der Unterhied im Gewicht nicht gross genug wäre, damit das örperchen die Wassermolecüle, die sich seinem Sinken ıtgegenstellen, verschiebe. Dies ist jedoch nicht denkbar; nn da die Wassermolecüle in beständiger Ortsbewegung ch befinden, so ist auch in jedem Augenblick für einen

Körper, der ein noch so geringes Bestreben hat, sich na einer bestimmten Richtung zu bewegen, die Gelegenh gegeben, einen kleinen Schritt vorwärts zu thun. N wird es von seinem Gewicht, seiner Form und Grösse hängen, ob er langsamer oder schneller sinkt.

Wenn wir uns bloss an Wasser und verdün wässerige Lösungen halten, da andere Flüssigkeiten ein ringes Interesse darbieten, so hat die grosse Mehrz kleinster Körperchen, die wir allenfalls darin antreffen, grösseres, nur wenige ein geringeres spezifisches Gewi Jene sind daher zum Sinken, diese zum Steigen geneig

---

1) Schwerer als Wasser sind die mineralischen und die organisi Substanzen. Leichter als Wasser sind von den Körperchen, die unter dem Mikroskope zu sehen Gelegenheit hat, nur Fett und Wa

Einzelne lufttrockne Zellen können leichter sein als Wasser, w sie Luft in ihrer Höhlung enthalten. Benetzte, lebensthätige Ze haben, da sie nie freies Gas in ihrem Innern ausscheiden, fast Ausnahme ein grösseres spezifisches Gewicht; denn sie bestehen Wasser und aus Substanzen, die schwerer sind als Wasser. Bloss dü wandige, mit Fett gefüllte Zellen könnten ein kleineres spezifis Gewicht besitzen.

Vielzellige Complexe werden oft durch anhängende oder ei schlossene Luft schwimmtüchtig, wie wir an grösseren oder klein Wasserpflanzen beobachten. Verbände von Sprosshefezellen steigen einer zuckerhaltigen Flüssigkeit auf, getragen von der Kohlensä die sie durch ihre Gärthätigkeit gebildet haben, und sinken, wenn an der Oberfläche ihre Schwimmblase verloren haben, wieder auf Grund. Man kann selbst in einem Glas mit schwachgärender Flüs keit Flocken beobachten, welche in langsamem Tempo abwechs steigen und fallen, ohne die Oberfläche und den Grund der Flüssig zu erreichen und ohne dass sich ein Gasbläschen ablöst. Die trage Gasmasse vermehrt sich nämlich beständig durch Gärung und mindert sich ebenfalls beständig durch den Uebergang von Kohlens in die Flüssigkeit; — in den unteren kohlensäurereicheren Schichten Zuckerlösung ist der Zuwachs, in den oberen kohlensäureärmeren Sch ten ist der Verlust an freiem Gas beträchtlicher.

Um die einen und anderen schwebend zu erhalten, bedarf es der nämlichen Mittel, die aber selbstverständlich in entgegengesetztem Sinne wirken müssen.

Eines dieser Mittel sind, in gleicher Weise wie beim Schweben in der Luft, Wasserströmungen, welche mit ihrer verticalen Componente dem positiven oder negativen Gewichtsüberschuss des Körperchens über ein gleiches Volumen Flüssigkeit das Gleichgewicht halten. Für jeden einzelnen Fall lässt sich berechnen, welche Geschwindigkeit diese senkrechte Strömung haben muss.

Aus der allgemeinen Formel $v = \sqrt{2\,g\,h}$ erhält man die zum Tragen eines schweren Körpers in einer Flüssigkeit erforderliche aufsteigende Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{2\,g\,h\frac{(\gamma_1 - \gamma)}{\gamma}},$$

wenn γ_1 das spezifische Gewicht des Körpers und γ das

Es giebt noch eine andere Ursache, welche einzelne Zellen oder vielzellige Complexe zwar nicht im Wasser steigen macht, aber doch, wenn sie einmal an der Oberfläche desselben sich befinden, daselbst schwimmend erhält. Dies ist die Nichtbenetzbarkeit der Zellmembran, welche in Folge von Cuticularisirung (Verkorkung) eintritt. In dieser Weise bleiben Schwärmzellen an der Oberfläche des Wassers hängen und keimen daselbst. Die Kahmhautpilze (Saccharomyces mesentericus) und viele Spaltpilze bilden eine oberflächliche Haut. Selbst die zolldicken Kuchen der Essigmutter werden durch die unbenetzte obere Seite getragen, wie man sich durch passend angestellte Versuche überzeugen kann; benetzt man diese Seite oder taucht man den die Glaswandung nicht berührenden Gallertkuchen etwas unter, so sinkt er langsam auf den Grund. Dieses Sinken tritt auch bei den aus andern Pilzen bestehenden Membranen ein, die man untertaucht, so lange sie noch wenig cuticularisirt sind. Ist der Verkorkungsprocess aber weiter fortgeschritten, so kommen sie nach dem Untertauchen wieder an die Oberfläche, weil eine dünne Luftschicht der Zellmembran anhängt, und sinken erst, nachdem man diese Luftschicht entfernt hat.

spezifische Gewicht der Flüssigkeit ausdrückt.[1]) Is
Flüssigkeit Wasser, so hat man $v = \sqrt{2 g h (\gamma_1}$

Es müssen dabei übrigens die nämlichen Verhäl
berücksichtigt werden wie beim Schweben in der
Wenn auch im Allgemeinen die auf den horizontalen
schnitt berechnete mittlere Höhe (h) allein in Betrac
ziehen ist, so hat doch auch die Grösse und Gesta
horizontalen Querschnittes so wie die Modellirung de
wärts und der aufwärts gekehrten Oberfläche grö
oder geringeren Einfluss auf die erforderliche Geschwi
keit und wenn es sich um verschiedene Flüssigk
handelt, so ist auch der Grad ihrer Zähigkeit von Be

Die Geschwindigkeit, die ein aufsteigender Wassers
haben muss, um einen Körper gerade schwebend zu e
ten, ist auch die constante Geschwindigkeit, die er
Fallen im Wasser annimmt. Ist von mikroskopi
Körperchen von bekannter Gestalt und Grösse diese
stante Fallgeschwindigkeit ermittelt, so kann unter besti
ten Voraussetzungen daraus das spezifische Gewicht
rechnet werden.

Ein besonderes Interesse gewährt es, zu wissen, w
Bewegungen in einer Flüssigkeit nothwendig sind, d
dieselbe von Staubkörperchen getrübt bleibe, und wel
Zeit es bedürfe, damit sie bei vollkommener Ruhe d
Absetzen sich kläre. Es versteht sich, dass beide Grö
im umgekehrten Verhältniss zu einander stehen, und
die erforderliche Bewegung, welche die Trübung con
erhält, um so geringer ist, je kleiner und spezifisch leic
die Körperchen sind. Um eine Vorstellung von den n

---

1) Um einen spezifisch leichteren Körper schwebend zu erh
bedarf es der absteigenden Geschwindigkeit $v = \sqrt{2 g h \frac{(\gamma - }{\gamma}}$

:hen Grössen zu erhalten, will ich als Beispiel Spaltpilze
l Stärkekörner anführen, unter der Voraussetzung, dass
selben sich wie grössere Körper verhalten.

Die kleinsten Spaltpilze haben im benetzten Zustande
en Durchmesser von etwa 0,5 mik., also eine mittlere
ıe (h) von 0,333 mik. Das spezifische Gewicht der im-
irten Spaltpilze (γ_1) beträgt im Mittel etwa 1,1. Also
v = 0,0814 cm. Damit das Wasser getrübt bleibe,
sten die Strömungen in demselben derartig sein, dass
vertical aufsteigende Componente hin und wieder die
chwindigkeit von 0,08 cm in der Secunde überschreitet
in Folge dessen die sich absetzenden Pilze wieder in
Höhe führt.

In vollkommen ruhigem Wasser würden demnach diese
tpilze eine constante Fallgeschwindigkeit von 0,08 cm.
der Secunde annehmen, und eine getrübte Wasser-
se von 1 m Höhe würde sich durch Absetzen voll-
dig in 1250 Secunden oder in 21 Minuten klären.

Zu den feinsten Stärkemehlsorten gehören solche,
n Körner im benetzten Zustande 2 mik. gross sind.
nen wir sie als kugelig an, so beträgt die mittlere
ə (h) 1,333 mik. Das spezifische Gewicht (γ_1) beträgt
lich 1,3. Also ist v = 0,28 cm. Das Wasser bliebe
t getrübt, wenn die vertical aufsteigende Geschwindig-
componente der Strömungen hin und wieder grösser
ıls 0,28 cm in der Secunde, und eine vollkommen
ge Wassermasse von 1 m Höhe würde durch Absetzen
57 Secunden oder in 6 Minuten klar.

Die Folgerungen für Spaltpilze und Stärkekörner gelten
lie gemachten Voraussetzungen, dass das Wasser absolut
uhe (d. h. ohne Massenbewegung) sei, dass die Körper-
keine Eigenbewegung besitzen und sich rücksichtlich
Sinkens in einer Flüssigkeit wie grosse Körper ver-
n. Die erstere Bedingung wird zwar nie eintreffen

Einflusse sein.

Wie wir gesehen haben,
Fallen kleinster Körperchen i
ungen, als die nämlichen Bewe
jene einen anhängenden Luftr
besitzen und einen bemerkbaren
Ebenso müssen die Körper in
Adhäsion zeigen, selbstverst
Mantel von ruhenden und we
molecülen umgeben sein. Der
was man jetzt darüber weiss,
keit haben. Denn nach Quin
auf Wasser in bemerkbarer W
fernung von 0,000005′5 mm,
150 Wassermolecülschichten b

Wenn diese Grösse uns
Bewegungen kleinster Körperc
Flüssigkeitsmantels angeben s
selben der Durchmesser des wi
kleinsten Spaltpilzen (von 0,00
Gestalt) bloss um 1/50 und der
um 1/25 vergrössert.

Im Wasser muss aber,
mantel sehr dünn ist, der Reib

Die bisher betrachteten Umstände, welche auf das ıweben der Staubkörperchen in einer Flüssigkeit und auf Absetzen derselben Einfluss haben, sind dieselben, welche Bewegungen in der Luft bedingen, nämlich die Grösse, Gewicht und der Mantel der Körperchen, dann die ömungen in der Flüssigkeit und die Reibungswiderstände. sser der verschiedenen Zähigkeit der Flüssigkeiten, die den Gasen nicht in Betracht kommt, tritt dann bei den ssigkeiten noch eine andere Ursache auf, welche mög- er Weise die Bewegungen kleinster Körperchen wesent- modifizirt. Es ist dies die Molecularanziehung zwischen Flüssigkeit und den darin befindlichen Körperchen, :he immer besteht, wenn Benetzung stattfindet.

Diese Molecularanziehung ist es auch, welche neben den ıchreitenden Bewegungen der Flüssigkeitsmolecüle die :hen Stoffe in Lösung bringt und darin erhält, indem durch den Ueberschuss wirkt, welchen die Anziehung) zwischen Flüssigkeit (f) und Substanz (s) über die me der Anziehungen zwischen den gleichartigen Mole- ı (f . f + s . s) voraus hat. Die Wirksamkeit der cularanziehung wird vorzüglich deutlich durch den :and, dass die einen Substanzen in gewissen Flüssig- n (z. B. in Wasser) löslich sind, nicht aber in anderen . in Alkohol), während andere Substanzen das umge- ,e Verhalten zeigen.

Wie die molecularlöslichen Substanzen verhalten sich, ichtlich des Zustandekommens der Lösung, auch die larlöslichen. Es besteht nur insofern ein Unterschied, die micellaren Lösungen[1]) unter übrigens analogen änden wegen der beträchtlichen Grösse der Micelle, ,us Hunderten und aus vielen Tausenden von Mole-

---

Vgl. Theorie der Gärurg. Abh. d. k. Ak. d. Wiss. XIII. Bd. :h. 158 (84) und 177 (103). — Separatausgabe S. 97 u. 121.

cülen zusammengesetzt sein können, schwieriger zu St
kommen.

Vergleichen wir nun mit einer micellaren Lösung
durch kleinste Staubkörperchen getrübte Flüssigkeit
sind in beiden die nämlichen Kräfte vorhanden; nur
diese Körperchen abermals viel grösser und schwerer
die Micelle. Die kleinsten Stäubchen (Spaltpilze
0,5 mik. Grösse) mögen im benetzten Zustande etwa 5
bis 100000 mal die Grösse und das Gewicht der mittleren
celle von Stärke, Cellulose oder Eiweiss übertreffen.

Man könnte somit aus der beträchtlichen Grösse
Staubkörperchen sogleich den Schluss ziehen wollen,
dieselben durch Molecularanziehung überhaupt nicht sus
dirt erhalten bleiben können, da ja schon viele Mic
substanzen nicht in Lösung gehen. Eine genauere
trachtung zeigt aber, dass die Vertheilung der Micell
Lösung und die Suspension der Staubkörperchen als T
ung, obgleich bei beiden die nämlichen Kräfte wir
werden, doch auf wesentlich verschiedenen Umstä
beruhen.

Die Micellarlösung kommt, wie die Molecularlö
dann zu Stande, wenn die Anziehung des Micells zu
andern Micellen einer festen Substanz überwunden
durch die Anziehung des Micells zur Flüssigkeit und d
die dem Micell schon eigenthümlichen und durch die S
der Flüssigkeitsmolecüle gesteigerten Bewegungen, w
das Bestreben haben, es loszureissen.

Was die Anziehungen des Micells einerseits zur Flü
keit, anderseits zu den übrigen Micellen betrifft, so
beide wesentlich Functionen der Oberfläche.[1] Bei

1) Dies gilt selbst für den unwahrscheinlichen Fall, dass die
flächlichen Molecüle des Micells keine andern Kräfte entwickeln a
innerhalb der Oberfläche befindlichen, weil die Summation der

Anziehung zur Flüssigkeit (diese Anziehung sei für die Flächeneinheit mit F bezeichnet) wirkt die ganze Oberfläche des Micells (O); ihre Wirkung ist durch O . F ausgedrückt. Bei der Anziehung (K für die Flächeneinheit) zwischen zwei polyedrischen Micellen einer Substanz kommen nur die entsprechenden Seiten (S) zur Geltung; ihre Wirkung ist durch S . K ausgedrückt. Dabei kann es sich nur um die grössten Seiten handeln, weil sie die stärkste Anziehung bedingen.

Da die Differenz der einander widerstrebenden Kräfte den Ausschlag giebt, so haben die beiden Micelle das Bestreben, verbunden zu bleiben, so lange S . K — O . F einen positiven Werth darstellt. Wird der Werth negativ, so trennen sie sich von einander und gehen in Lösung. Wenn die Micelle von ungleichen Dimensionen gleiche Gestalt besitzen, so bleibt das Verhältniss von S und O dasselbe, und es besteht zwischen grossen und kleinen Micellen kein Unterschied in dem Bestreben sich von einander loszulösen. Gewöhnlich wird aber die polyedrische Gestalt kleiner und grosser Micelle einer Substanz ungleich sein. Sind beispielsweise die kleinen Micelle kubisch und werden sie beim Wachsthum mehr tafelförmig, so müssen sie in dem letzteren Zustande der lösenden Flüssigkeit einen viel stärkeren Widerstand entgegensetzen.

In ähnlicher Weise muss es, wie ich glaube, erklärt werden, warum grössere Micelle der gleichen Substanz schwieriger in den gelösten Zustand übergehen als kleinere, — eine Thatsache, die uns besonders deutlich bei den verschiedenen Modificationen der Stärke (farblose Stärke, blaue Stärke, Amylodextrin, Dextrin) entgegentritt. Der positive Werth des Ausdruckes S . K — O . F ist bei grösseren

---

diskreter Punkte für die Oberfläche ein um so grösseres Uebergewicht ergiebt, je geringer die Entfernungen sind.

Micellen aus zwei Gründen beträchtlicher als bei klein einmal weil die grösseren Micelle mehr von der is metrischen Gestalt abweichen und damit einzelne grö Anziehungsflächen gewinnen, ferner weil mit dem Grö werden die Micelle ihre ursprüngliche rundliche F immer mehr in eine streng polyedrische umwandeln.

Man könnte die schwierigere Löslichkeit von Substa mit grösseren Micellen auf Rechnung des beträchtlich Micellargewichtes setzen wollen. Allein dies würde unstatthaft erscheinen. Das Gewicht der Micelle kan gegenüber den Molecularkräften gar nicht in Betr kommen; und wenn man etwa schon geglaubt hat, Lösung bezeichne den Zustand, in welchem das Gew der Salzmolecüle durch die Anziehung der Wassermole überwunden sei, so trifft dies weder für die molecul noch selbst für die micellaren Lösungen zu, und wir s auch an coagulirenden Eiweiss- oder an gelatinirenden L und Pectinlösungen, dass, bei grösserer Concentration Lösung, die Micelle sich fest verbinden, ohne im Wa niederzusinken, indem das Wasser von den Micellverbän eingeschlossen wird.

Ganz anders als die in Lösung gehenden Micelle halten sich die Staubkörperchen bei ihrer Suspensio einer Flüssigkeit. Die letzteren haben nämlich im Al meinen eine unregelmässige Gestalt und unterscheiden dadurch von den regelmässig polyedrischen Micellen. können daher nur mit einzelnen Stellen von geringer dehnung, oft nur mit einzelnen Punkten sich berüh In Folge dessen ist die Grösse S . K sehr gering und s hinter der Grösse O . F weit zurück. In der That l sich die Staubkörperchen, wenn sie aus einer Flüssig sich niederschlagen, nicht zu einer festen Masse an einan wie die Micelle, sondern sie bleiben getrennt. Bei ih ist es nur das Gewicht, welches der Suspension entgeg

rkt. Dasselbe ist proportional der Masse, oder wenn es h um die gleiche Substanz handelt, proportional dem lumen.

Wir können also die Kraft, welche die Staubkörper-en zum Absetzen bringt mit $R^3 (\gamma_1 - \gamma)$ bezeichnen (wenn γ s spezifische Gewicht der Flüssigkeit, γ_1 das spez. Gew. r Körperchen und R ihren Radius bedeutet), die Kraft gegen, welche sie in einer Flüssigkeit vertheilt und spendirt erhält, mit $R^2 . F$ (statt O . F). Ist die Differenz . $F - R^3 (\gamma_1 - \gamma)$, oder was auf das Nämliche heraus-mmt, $F - R (\gamma_1 - \gamma)$ positiv, so bleiben die Körper-en suspendirt; wird der Ausdruck negativ, so setzen sie h ab. Bei spezifisch leichteren Körperchen entscheidet Differenz $F - R (\gamma - \gamma_1)$.

Hieraus folgt, dass die Staubsubstanzen, die sich mit er Flüssigkeit benetzen, bei verschiedenen Graden der rkleinerung sich ungleich verhalten. Für jede gibt es der Stufenreihe der Verkleinerung eine Grenze, wo der ıschlag eintritt. Sinken die Staubkörperchen in ihren mensionen unter diese Grenze, so bleiben sie suspendirt; d dieselben grösser, so fallen sie zu Boden. Diese Grenze Verkleinerung wird aber nur von wenigen Substanzen eicht, so beim Bor und beim Schwefel, welche in der nsten Vertheilung eine Flüssigkeit constant trüben. Solche spendirte Körperchen sind aber immer noch mehr wie mal grösser (im Durchmesser) als Micelle, die keine sung zu bilden vermögen.

Man hat also dreierlei Zustände zu unterscheiden, in nen die von der Flüssigkeit ausgeübte Molecularanziehung ıe gleichmässige und constante Vertheilung von fremden bstanzen bewirkt: die Molecularlösung, in welcher gegenseitige Anziehung der einzelnen Substanzmolecüle, Micellarlösung, in welcher die gegenseitige Ober-chenanziehung der polyedrischen Micelle und die Trüb-

ung durch Stäubchen, bei welcher das Gewich
Körperchen überwunden wird. — Das Verhältniss
Molecularanziehung zu derjenigen, welche das Tanze
Staubkörperchen und ohne Zweifel auch ein viel lebha
Tanzen der unsichtbaren Micelle verursacht, bleibt vo
Hand fraglich. Die eine und die andere werden aber
Zweifel durch verschiedene Molecularkräfte bewirkt.

Bezüglich der Trübung durch suspendirte Staubkö
chen bemerke ich noch, dass dabei vollkommene Ruhe
Flüssigkeit von Strömungen vorausgesetzt wird. Ist
Ruhe gegeben, so werden sich die Körperchen, deren G
die für die Suspension erforderliche Grösse nur w
überschreitet, sehr langsam absetzen. Sind aber auch
geringe Strömungen vorhanden, so wird die Flüssigkeit
ständig getrübt bleiben. Das Absetzen geht ferner u
langsamer vor sich, je mehr die Zähigkeit der Flüssi
demselben entgegenwirkt.

Ein Beispiel, in welchem die Trübung sehr lange
halten bleibt, giebt uns die Milch. Dieselbe zeigt
überdem deutlich die Wirkung der Molecularanzieh
Die Fettkügelchen sind nicht übermässig klein, der U
schied zwischen ihrem spezifischen Gewicht und dem
Caseinlösung ist nicht unbedeutend und die micellare
ung hat keine sehr grosse Zähigkeit. Das so äus
langsame Absetzen des Fettes als Rahm an der Oberf
wäre aus den angeführten Ursachen nicht erklärlich,
das Fett seiner Natur entsprechend im Wasser unbe
bliebe. Da nun aber die Butterkügelchen mit Caseinh
umgeben sind, so kommt die starke Molecularanzie
zwischen den letzteren und dem Wasser zur Wirksa
und verhindert das Steigen der Kügelchen. Jedes M
welches die Hüllen zerstört, befördert das Aufrah
der Milch.

III. Uebergang von einem Medium in das andere.

Nachdem ich die Bewegungen der Staubkörperchen innerhalb der Luft und des Wassers betrachtet habe, frägt es sich noch, wie sie von einem Element in das andere gelangen. Ihr Uebergang von Luft in Wasser, in das sie hinunterfallen, von Wasser auf einen festen Körper, auf dem sie beim Verdunsten des Wassers zurückbleiben, und von einem festen Körper wieder in Wasser, indem das Wasser ihre Adhäsion lockert und sie bei hinreichender Bewegung fortführt, bedarf keiner Besprechung. Dagegen muss der Uebergang der Staubkörperchen aus einer Flüssigkeit, dann von der trocknen Oberfläche eines festen Körpers auf dem sie angetrocknet sind, endlich von der trocknen Oberfläche, auf welcher sie trocken angeflogen sind, in die Luft, sowie das Anfliegen selbst erörtert werden.

Alle die zahlreichen in der Atmosphäre herumfliegenden Staubkörperchen waren ursprünglich Theile von festen Körpern oder in einer Flüssigkeit befindlich; alle Spaltpilze sind in wässerigen Lösungen entstanden. Es ist daher von besonderer Wichtigkeit zu untersuchen, unter welchen Umständen sie aus einer Flüssigkeit in die Luft gelangen. Die theoretische Lösung dieses Problems lässt sich nur auf dem Wege erreichen, dass wir untersuchen, welche der bekannten Kräfte und Bewegungen dabei wirksam sein können, — und in dieser Beziehung bieten sich uns nur zwei Möglichkeiten dar, einerseits die molecularen Kräfte und Bewegungen, anderseits die Massenbewegungen.

Die erste Frage betrifft den Uebergang der Staubkörperchen aus dem Wasser oder von einer benetzten Oberfläche in die Luft, und hier handelt es sich einmal darum, ob moleculare Kräfte und Bewegungen denselben zu verursachen vermögen. Man kann dabei an die Analogie der

Verdunstung denken, bei welcher nicht bloss die Molecüle der Flüssigkeiten sondern auch die Molecüle von flüchtigen Stoffen, die darin gelöst sind, in die Atmosphäre übergehen. Man hat wirklich kleinste Körperchen, nämlich Spaltpilze, mit dem Wasser verdunsten lassen, indem man ohne Zweifel von der dunkeln Vorstellung ausging, dass Stäubchen von geringstem Gewicht sich wohl verhalten möchten, wie die viele Millionen mal leichteren Molecüle. Man ist ja gerne geneigt, wenn die Dimensionen unter die Grenze des dem blossen Auge Sichtbaren hinuntergehen, auch für das Unterscheiden derselben eine Grenze eintreten zu lassen.

Beim Verdunstungsprocess überwinden von den durcheinander wogenden Molecülen der Flüssigkeit einzelne, die mit der grössten in der Flüssigkeit möglichen Geschwindigkeit senkrecht auf die Oberfläche sich bewegen, die Adhäsion und trennen sich los. Die Stösse der viel schneller sich bewegenden Luftmolecüle mögen bei diesem Process schon mitwirken, wie sie nachher die gesteigerte Geschwindigkeit der verdunsteten Molecüle bedingen.

Von allen Verbindungen, welche die Bestandtheile von Flüssigkeiten bilden, sind es aber nur gewisse, welche in die Luft übergehen können, und die man desswegen als flüchtige bezeichnet. Die nicht flüchtigen Verbindungen verlassen in keiner mit unsern jetzigen Hilfsmitteln nachweisbaren Menge die Flüssigkeit, und da die Waage ausserordentlich kleine Gewichtsmengen anzuzeigen vermag, so darf man vielleicht ihre Nichtflüchtigkeit für bestimmte Temperaturen als eine absolute Eigenschaft ansehen.

Der Unterschied zwischen den flüchtigen und nicht flüchtigen Stoffen wird nicht durch das Moleculargewicht, sondern durch andere moleculare Eigenschaften, nämlich durch die ungleiche Anziehung der Flüssigkeitsmolecüle untereinander und durch ihre ungleichen Bewegungszustände

(da eine Anziehung zu den Molecülen der Atmosphäre nicht statt hat) bedingt.

Die Stoffe, welche Micelle bilden, sind nicht flüchtig; die micellar-löslichen Substanzen, Gummi, Dextrin, Pectin, Eiweiss, Leim verdunsten erfahrungsgemäss nicht. Alle Staubkörperchen bestehen ebenfalls aus nicht flüchtigen Verbindungen und, insofern sie organisirt sind, aus Micellen. Sie können also schon aus diesem Grunde nicht durch die Verdunstungskräfte in die Luft entweichen. Ueberdies lässt auch ihr verhältnissmässig grosses Gewicht ein solches Entweichen nicht zu. Die kleinsten Spaltpilze z. B., die im Wasser einen Durchmesser von 0,5 Mik. besitzen, sind etwa zweihundert Millionen mal schwerer als ein Molecül des nicht flüchtigen Traubenzuckers und sie haben im Wasser überdem eine ihrer Oberfläche entsprechende grössere Anziehung zu Wasser und eine ihrem Gewichte entsprechende geringere Bewegung (wenn wir nur die von den Molecularkräften verursachte Geschwindigkeit berücksichtigen und von der ihnen allfällig zukommenden Eigenbewegung absehen).

Nach den früheren Erörterungen ist es auch selbstverständlich, dass die einzelnen Stösse der Luftmolecüle auf ein etwas aus der Flüssigkeit auftauchendes Staubkörperchen dasselbe nicht loszutrennen vermögen. Denn abgesehen davon, dass sie im Allgemeinen das Körperchen bloss in die Flüssigkeit zurückstossen würden, wäre die dem kleinsten Spaltpilz (von 0,5 Mik. Durchmesser) durch einen solchen Molecularstoss ertheilte Geschwindigkeit, ohne Berücksichtigung der in der Flüssigkeit gegebenen Hindernisse, noch weniger als 0,001 mm in der Secunde.

Nachdem festgestellt ist, dass die molecularen Kräfte und Bewegungen nicht im Stande sind, Staubkörperchen aus dem Wasser loszureissen, muss noch die Frage erörtert werden, ob dies vielleicht durch Massenbewegungen erreicht

wird. Man möchte ja vielleicht die Meinung hegen, dass in dieser Beziehung die in der Flüssigkeit befindlichen Staubkörperchen sich anders verhalten als die Molecüle. Die fraglichen Massenbewegungen könnten aber nichts anderes sein als Luftströmungen, weil die Flüssigkeit als in verhältnissmässiger Ruhe befindlich vorausgesetzt wird.

Die Staubkörperchen müssen, damit die Luftströmungen auf sie einwirken können, etwas über den Wasserspiegel emportauchen. Dies lässt sich nur von Zellen, die entweder mit Eigenbewegung oder mit einer cuticularisirten Membran begabt sind, voraussetzen, und es ist daher die Frage von Belang, wie weit wohl solche Zellen unter den günstigsten Umständen über die Oberfläche vortreten.

Was zuerst die Eigenbewegung betrifft, so erscheint dieselbe bei starker mikroskopischer Vergrösserung zwar sehr lebhaft, beträgt aber doch in keinem Falle mehr als 0,3 mm in der Secunde. Berücksichtigt man diese geringe Bewegungsgrösse und die bedeutenden entgegenwirkenden Molecularkräfte, welche in der Anziehung der Zellenoberfläche zu allen Wassermolecülen und in der Oberflächenspannung der Flüssigkeit wirksam sind, so sieht man leicht ein, dass die spezifisch schwerere Zelle, auch wenn sie senkrecht auf die Oberfläche des Wassers stösst, gewiss lange nicht zur Hälfte über dieselbe vortreten kann.

Was ferner die Cuticularisirung der Zellmembran betrifft, so werden die im Wasser befindlichen Zellen nur an der Seite, mit der sie die Oberfläche berühren, verkorkt und benetzungsunfähig; sie ragen nur wenig über dieselbe empor. Dagegen mögen Sporen, die sich in diesen oberflächlichen Zellen (von Spross- und Spaltpilzen) bilden, überall verkorkt sein. Aber ihre Verkorkung und die Benetzungsunfähigkeit ist jedenfalls nur gering, wie sich schon aus dem Umstande ergiebt, dass sie beim Untertauchen auf den Boden sinken. Es ist aber auch die

unwahrscheinliche Fall zu berücksichtigen, dass sie, wie in der Luft gebildete Sporen, gänzlich unfähig seien, sich zu benetzen, in welchem Falle sie in einem kleinen Meniscus auf dem Wasser lägen.

Die Luftströmungen, die auf solche mehr oder weniger über das Wasser vortretende Zellen wirken, kommen direkt bloss von oben oder streichen höchstens parallel der Oberfläche hin, und drücken, da sie keine nach oben wirkende Componente haben, die Zelle im Allgemeinen nur in die Flüssigkeit nieder. Wenn es sich um grosse, senkrecht über eine Wasserfläche sich erhebende Körper handelte, so könnten dieselben durch einen von der Oberfläche zurückgeworfenen und somit aufsteigenden Luftstrom oder auch durch einen Wirbelwind emporgehoben werden. Bei einem mikroskopisch kleinen Körperchen ist dies nicht möglich, da es keine Luftstösse oder Wirbel von mikroskopisch beschränktem Querschnitt giebt.

Es können daher von einer Wasseroberfläche keine Staubkörperchen, auch keine noch so kleinen Spaltpilze, selbst von den heftigsten Luftströmungen, weggeführt werden, in sofern die Wasseroberfläche selbst intakt bleibt. Dagegen tragen Stürme von einer solchen Oberfläche, die sie in Bewegung setzen, grössere oder kleinere Wassermassen und mit denselben auch alle darin befindlichen Staubkörperchen fort. Ebenso können durch andere Bewegungen, wie z. B. durch aufsteigende, an der Oberfläche platzende Gasblasen, kleine Wassertropfen mit den darin eingeschlossenen Stäubchen weggeschleudert werden.

Benetzte Körper verhalten sich im Wesentlichen wie Flüssigkeiten. Von denselben werden benetzte und durch Molecularkräfte festgehaltene Staubkörperchen nicht fortgeweht, es wäre denn, dass der Sturm ganze Partien der Flüssigkeit los zu reissen vermöchte.[1])

1) Es muss daher, wie ich es in den „Niederen Pilzen" gethan

seits von der Stärke der L
die bei grossen Körpern v
Staubkörperchen, sofern sie
so der Umstand, wie viel
emporrage und welche An
darbiete, ferner die Gestaltu
und ob der Körper sich in
Stelle oder an einer vorsp
finde, endlich die Exposition
an einer abwärts schauende
wärts schauenden aufliege u
ung erleichtere oder erschwe

Was die Adhäsion be
durch die Luft den erheblich
so ist einmal zu berücksicht
aus einer Flüssigkeit nicht e
somit nicht etwa bald mit
Kante oder einer Spitze der
dern dass sie, im Gegensatz
Körperchen, vor dem Verdu
so anordnen, dass sie den

öglichen stärksten Anziehungen ein Genüge leisten. Dessegen haftet Gypsstaub viel besser, wenn man ihn mit inem Wasser aufträgt, als wenn man ihn trocken aufreut.

Ferner kommt es namentlich darauf an, ob die Staubırperchen aus einer Flüssigkeit mit oder ohne Klebstoff ıtrocknen. Im ersteren Falle werden sie mehr oder weniger ıtgeleimt. Im zweiten Falle kann eigentliches Ankleben ır eintreten, wenn die Körperchen selbst das Klebmittel thalten, wie dies bei Zellen und mikroskopischen Organisın immer mehr oder weniger eintrifft. Dieselben scheiden, sonders wenn es Pilze sind, colloide (nicht crystallisirende) ɔffe in geringer Menge aus. Noch viel wichtiger aber ıcheint es, dass ihre membranartige Umhüllung mit einer ɔssen Menge von Wasser imbibirt und daher von weicher schaffenheit ist. Dieselbe kann sogar sich vollkommen wie ein vorzüglicher Klebstoff verhalten, — die weichn Cellulosemembranen gleich dem Gummischleim, die ichsten Plasmamembranen gleich der Leim- und Eiweissung. Viele Algen und auch niedere Pilze trocknen aus nem Wasser so fest auf ungeleimtem Papier an, als ob mit Gummi angeleimt wären.

Ausser der Adhäsion, welche die Staubkörperchen vor ı Wegführen bewahrt, kann auch die verdichtete, in hältnissmässiger Ruhe befindliche Luftschicht, welche wie Mantel feste Oberflächen überzieht, als Schutz dienen. d die Körperchen so klein, dass sie ganz darin eingetet, vielleicht selbst tief darin begraben sind, so vergen ihnen offenbar die Luftströmungen nur wenig anaben.

Immerhin wird der Schutz, den die angetrockneten ubkörperchen in der Adhäsion und in dem ruhenden tmantel finden, ausserordentlich verschieden sein, und Beantwortung der Frage, durch welche Luftströmungen

sie fortgeführt werden, anch sehr ungleich ausfallen will daher nur ein bestimmtes Beispiel, nämlich die pilze berücksichtigen, da die Verbreitung derselben Atmosphäre ein hervorragendes Interesse gewährt.

Wenn das Wasser organische, nicht crystalli Verbindungen gelöst enthält, so zeigen die Spaltpilz dem Eintrocknen, da sie schon an und für sich zi fest anhaften, nach der Menge und Beschaffenheit der substanzen eine Reihe von Adhäsionsgraden, von auch die geringsten mit Leichtigkeit die Gewalt der sten Luftstösse aushalten. Denken wir uns eine mit Leim oder Gummi an eine Wand gepappt und no einer dünnen Schicht von Leim oder Gummi überzog haben wir im Grossen ein Bild von dem, was der pilz im Kleinen zeigt. Der letztere vermag aber viel heftigeren Angriff zu widerstehen als die Mücke die Angriffsfläche um das Millionenfache kleiner und für ihn überdem ein Schutz in dem Luftmantel gegeb — Die Mücke würde, wenn eine Wiederbenetzung bliebe, nach längerer Zeit doch etwas gelockert, we Klebmasse mit dem Wechsel der Temperatur sowi dem temporär eintretenden schärferen Austrocknen Sprünge bekommt, die sich mit der Zeit erweitern. den angepappten Spaltpilz ist diese Gefahr viel ger da seine Klebmasse eine viel dünnere Schicht bildet. für ihn besteht eine Aussicht, unter den angegebenen hältnissen in die Luft entführt zu werden, bloss fü Fall, dass irgend eine mechanische Aktion zu Hülfe k

Ebenso verhält es sich, wenn grössere Menger Spaltpilzen mit Klebstoffen eintrocken. Selbst bei sch Austrocknen bilden sich in der immerhin dünnen un homogenen Masse kaum Risse, und dieselben könne ein Lostrennen einzelner Pilze zur Folge haben. Nur auf mechanischem Wege die angeklebte Masse in ein

erwandelt wird, vermögen mit den Splittern derselben die 'ilze in die Luft zu gelangen, und es unterliegt gar keinem weifel, dass die grosse Mehrzahl der als Stäubchen herumiegenden Spaltpilze diesen Ursprung hat.

Befinden sich aber die Spaltpilze in einer feuchten .tmosphäre, in der das Austrocknen nur unvollständig ntritt, oder enthält die Substanz, vermittelst welcher sie stkleben, eine Verbindung, die eine grosse Verwandtschaft Wasser hat und feucht bleibt, so sind sie für immer r dem Entführen durch einen Luftstrom bewahrt. Dieses hicksal haben beispielsweise diejenigen Spaltpilze, die an r Oberfläche eines von Zeit zu Zeit durch Auswurfsstoffe runreinigten Bodens sich befinden. Die organischen Verndungen des Harns, des Koths, des Küchenspülwassers lden ein vorzügliches Klebmittel, welches auf einem nicht hr trockenen Boden längere Zeit zähe bleibt.

Ich habe bis jetzt angenommen, dass die mit einem lebstoff angetrockneten Spaltpilze entweder gar nicht oder nn wieder mit einer den nämlichen Klebstoff enthaltenn Flüssigkeit benetzt werden. Tritt dagegen Benetzung rch reines Wasser, z. B. durch Regen- oder Brunnensser ein, so können die Klebstoffe ausgewaschen werden, d die Spaltpilze zeigen dann das nämliche Verhalten, ob sie aus reinem Wasser angetrocknet wären. Es ist her noch zu untersuchen, welche Wahrscheinlichkeit für s Wegführen von Spaltpilzen besteht, die aus Flüssigiten ohne wirksame Mengen von Klebstoffen antrocknen. ne solche Flüssigkeit ist im Allgemeinen das Wasser der üsse, Seen, Sümpfe, sowie das Grundwasser. Die organien Nährstoffe sind hier humussaures Ammoniak, vielcht auch Ammoniaksalze von andern organischen Säuren d vielleicht einfache, Kohlenstoff und Stickstoff enthaltende rbindungen.

An der Erdoberfläche, an Steinen und Pflanzen, die

bei Ueberschwemmungen und hohem Stand des Sur... wassers, ebenso an den Bodentheilen, die bei hoh... Grundwasserstande bespült werden, bleiben nach ... Sinken des Wassers Spaltpilze zurück und trocknen ... ohne Klebstoffe ein. Weil auch die Unterlage, wie voraus... gesetzt wird, solcher Stoffe entbehrt, so muss der erfolge... Adhäsionsgrad von der Beschaffenheit der Zellmembran ab... hängen. Da nun die einzelnen Pilze viel zu klein sind, um ... direkte Beobachtung zu gestatten, so kann auf ihr Ver... halten nur aus dem Verhalten der morphologisch verwandte... Algen sowie aus demjenigen ganzer Spaltpilzlager geschlo... werden.

Was die Algen betrifft, so haften die auf Stein, H... oder ungeleimtem Papier angetrockneten Zellen um ... besser, je dicker und weicher ihre Membranen sind, ... solche mit schleimigen Membranen kleben, wie bereits be... merkt, so fest an, dass man sie mit einem Klebmittel ni... besser aufpappen könnte, während Zellen mit derben Mem... branen wenig oder gar nicht adhäriren.

Bei den Spaltpilzen scheinen, wie bei der verwan... Algengruppe der Nostochinen, alle Festigkeitsgrade in ... Zellmembranen vertreten zu sein. Es lassen sich zwar ... die dicken schleimigen oder gallertartigen Membranen ... sehen, und Spaltpilze mit solchen Membranen kleben ... ganzen Massen, auch wenn sie in reinem Wasser gewa... sind, aufs Innigste dem Papier an. Aber schon die Ess... mutter, deren Zellen zwar dicke aber ziemlich feste H... haben, haftet weniger gut. Ueber die Beschaffenheit ... äusserst dünnen Membranen, wie sie die meisten Spaltp... haben, lässt sich im Einzelnen nichts Sicheres aussag... und es ist bloss im Allgemeinen nach den analogen E... scheinungen wahrscheinlich, dass sie in allen Graden ... häriren.

Sollte aber auch die Adhäsion solcher aus einer Flüssigkeit ohne Klebstoffe angetrockneter Spaltpilze nur eine geringe sein, so werden sie überdem, wenn sie einzeln liegen, durch die ruhende verdichtete Luftschicht so bedeckt und geschützt sein, dass keine Luftströmung sie von einer freien Oberfläche wegzuführen vermag. Bloss von ganzen Flocken, die aus zahlreichen mit einander verbundenen Spaltpilzen bestehen, lässt sich allenfalls annehmen, dass dieselben, da sie mehr vorragen, zuweilen losgerissen werden.

Es ist drittens zu untersuchen, wie sich trocken angeflogene Staubkörperchen bezüglich des Wiederwegführens in die Luft verhalten, wobei natürlich vorausgesetz wird, dass sie seit dem Anfliegen nie benetzt wurden, weil sie sonst den angetrockneten gleich wären. Solche Körperchen haben im Allgemeinen eine äusserst geringe Adhäsion zu der festen Oberfläche, an der sie sich befinden, weil sie dieselbe nur mit einer kleinen Stelle ihrer runden oder unregelmässigen Gestalt berühren. Doch ist die Adhäsion immerhin so gross, um nicht von dem Gewicht der Körperchen überwunden zu werden, da diese nicht bloss an einer glatten senkrechten Fläche nicht hinunterrutschen, sondern auch von einer horizontalen, abwärts schauenden Fläche nicht hinunterfallen.

Solche trocken angeflogene Körperchen werden von Luftströmungen leicht wieder fortgeführt, insofern sie nicht in dem ruhenden Luftmantel Schutz finden. Bei ihnen ist die Grösse und zwar der zur festen Oberfläche rechtwinklige Durchmesser von entscheidender Bedeutung, weil mit der Zunahme dieses Durchmessers jener Schutz geringer wird. Während kleine vereinzelte Körperchen starken Luftströmungen trotzen, werden grosse Körperchen oder flockenförmige Verbände kleiner Körperchen schon von viel

schwächeren Luftbewegungen fortgerissen. Man ka von dieser Thatsache leicht überzeugen, wenn ma Glasplatte mit Stärkemehl bestreut, dieselbe mit dem skop betrachtet, dann einen Luftstrom darauf treffe und nachher wieder beobachtet. Uebrigens hängt die ung selbstverständlich von der Richtung des Stromes die feste Oberfläche ab; eine mit derselben parallel g Luftbewegung lässt bestimmte Körperchen ruhig während eine schiefe Bewegung sie wegreisst.

Das Wegführen trocken angeflogener Staubkörp durch einen Luftstrom lässt sich in manchen am besten beurtheilen, wenn man beobachtet, welchen Umständen sie anfliegen. Denn es kann licher Weise der bei einer bestimmten Luftbewegung flogene Körper nur losgerissen werden, wenn entwe Luftbewegung bei gleicher Richtung stärker wird wenn sie bei gleicher Stärke eine wirksamere Richtu nimmt. Ich will bezüglich des Anfliegens nur den Fall kurz besprechen, wie sich dasselbe in Kanälen ge weil dieser Fall gerade die wichtigste praktische A ung findet.

Lassen wir in einer cylindrischen und genau se stehenden Glasröhre einen Luftstrom, in welchem körperchen, z. B. Stärkekörnchen suspendirt sind steigen, so bedeckt sich die innere Röhrenwand na nach mit einem Anflug von Stärkemehl. Die Ur dieser Erscheinung sind leicht einzusehen. Die aufste Luft hat bei verschiedenen Abständen von der Per eine ungleiche Geschwindigkeit. Im Innern ist d schwindigkeit am grössten; sie nimmt nach der ru Luftschicht, welche die Wandung überzieht, immer ab. Aber diese Abnahme ist keine ganz regelmässige legen wir den ganzen Luftcylinder in einzelne Strö fäden, so haben diese, und zwar schon wegen de

Ein- und Ausströmen eintretenden Unregelmässigkeiten, keinen vollkommen parallelen Verlauf, sondern es findet fortwährend das allmählige Uebertreten von Luftmassen aus einer Region des Querschnittes in eine andere statt. Verfolgt man eine dem blossen Auge deutlich sichtbare Stärkemehlflocke, so bemerkt man oft, dass dieselbe eine Strecke weit aufsteigt und dann wieder hinunterfällt, um später vielleicht wieder aufzusteigen. Nur ein innerer Luftcylinder vermag Körner und Flocken von einer bestimmten Grösse aufwärts zu tragen. In dem ausserhalb dieses Cylinders befindlichen Hohlcylinder sinken sie nieder. Treten sie aber noch näher an die Peripherie und kommen sie in die ruhende Luftschicht und in Berührung mit der Wandung, so bleiben sie fest sitzen.

In einer horizontal- oder schiefliegenden, im Uebrigen aber geraden und cylindrischen Glasröhre ist die Strömung zwar noch ziemlich regelmässig, aber es legt sich eine grössere Zahl von Staubkörperchen auf der unteren Seite des Hohlraums an. In cylindrischen gebogenen, in cylindrischen stellenweise erweiterten oder verengten Röhren, in solchen mit elliptischem Querschnitt wird das Absetzen noch ungleichmässiger und lässt auf ungleich vertheilte und unregelmässige Strömungen schliessen. Streicht die Luft durch Röhren mit sehr kleinem Querschnitt, so muss auch der in weiten Röhren unbewegliche Luftmantel zum grössten Theil strömen. In solchen engen Röhren setzen sich die Staubkörperchen viel weniger leicht an und werden, wenn sie einmal angeflogen sind, durch viel schwächere Luftströmungen weggeführt, als dies in weiten Röhren der Fall ist. Im Uebrigen müssen die Modalitäten dieser Erscheinungen durch eigens hiefür angestellte Versuche ermittelt werden.

Zum Schlusse halte ich es für zweckmässig, no
allgemeine Betrachtung über das Entweichen von
körperchen aus einer porösen Substanz und zwar
der Spaltpilze aus dem Boden anzustellen, da bei
Vorgang die verschiedenen bis jetzt besprochenen G
punkte in Berücksichtigung kommen. — Der gan
gang zerfällt in zwei Theile: das Ablösen der Pi
den Bodentheilchen und der Transport derselben du
Boden bis in die Atmosphäre.

Die Spaltpilze bilden sich nur in einem be
Boden und können daraus, so lange die Benetzung an
von Luftströmungen noch weniger fortgeführt werd
von einer freien Fläche. Trocknen sie mit einem K
an, der in einem durch Auswurfstoffe verunreinigten
immer enthalten ist, so sind sie jedenfalls, insoferne
eine mechanische Action das Ablösen und Verkleinern
sam unterstützt, so lange festgebannt, bis der Klebst
gewaschen oder zerstört ist. Ist das Letztere einge
oder sind die Spaltpilze von Anfang an aus Wasse
Klebstoff angetrocknet, so ist die Frage, welchen Gr
Adhäsion sie durch ihre eigene Membran erlangt
und welchen Schutz ihnen der ruhende Luftmante
alle Bodentheilchen umgiebt, gewährt. Wenn man b
sichtigt, dass die Spaltpilze immer einigermassen adh
und dass sie so klein sind, um von dem Luftmante
eingehüllt zu werden, so könnte man vermuthen, d
schwachen Luftströmungen des Bodens überhaupt
in demselben angetrockneten Spaltpilze wegzuführe
möchten.

Dies wäre indess ein irrthümlicher Schluss.
wie die Erfahrung uns zeigt, dass die Spaltpilze w
aus dem Boden herauskommen, giebt es auch einige
sachen, welche uns dieses Herauskommen unter g
Umständen als nothwendig voraussehen lassen. Ein

zu berücksichtigen, dass in den engen Poren des Bodens oft beinahe der ganze Luftmantel sich in Bewegung setzen und daher auch die in diesen Poren angetrockneten Stäubchen leichter fortführen wird. Ferner werden sehr häufig die Pilze nicht einzeln, sondern in zusammenhängenden Gruppen an den Bodentheilchen haften. Die Spaltpilze haben nämlich die Neigung, an der Oberfläche von Flüssigkeiten dünne Häute zu bilden. Diess wird auch im Boden der Fall sein. Füllt das Wasser einen capillaren Raum aus, so entsteht auf dem Meniscus desselben, unter dem begünstigenden Einfluss des frei zutretenden Sauerstoffs, ein äusserst zartes Häutchen, welches nach dem Austrocknen von den schwachen Luftströmungen zerrissen werden muss. — In den so mannigfaltig gestalteten kleinen Bodenräumen können sich auch andere Verbände von Spaltpilzen bilden, die im trockenen Zustande als Flocken eine im Verhältniss zu ihrem Querschnitt, der den Strömungen als Angriffsfläche dient, nur geringe Adhäsion zeigen und denen auch wegen ihrer beträchtlicheren Grösse der Luftmantel wenig Schutz gewährt. Den nämlichen Vortheil für den Transport finden die Spaltpilze, wenn sie an lose liegenden, hinreichend leichten Bodentheilchen ankleben.

Für das wichtigste Hilfsmittel indess, welches das Entweichen der Spaltpilze aus dem Boden möglich macht, halte ich die Bewegungen, die in der Masse des Bodens selbst thätig sind und eine unausgesetzte Lockerung der kleinen Theilchen bewirken. Ursache dieser Bewegungen sind die Temperaturveränderungen. Wenn feste Mineralsubstanzen sich um 1° C. erwärmen, so beträgt der mittlere lineare Ausdehnungscoefficient, so weit er bis jetzt bekannt ist, zwischen 0,000000'5 und 0,00004. Nehmen wir denjenigen des Kalkspaths (0,000005) als Massstab für den Kalkboden an, so nimmt 1 Meter bei einer Temperaturänderung von 1° in jeder Richtung um 0,005 mm zu oder

ab, bei einer Temperaturänderung von 10° um 0,05 mm. Es ist dies allerdings eine geringe Bewegung und ohne Belang für die meisten Bodentheile, für die kleinsten derselben aber doch sehr bemerkbar. Die Verschiebung auf 1 m Länge beträgt nämlich in den beiden angenommenen Fällen (bei Temperaturschwankungen von 1 und 10°) 10 und 100 mal die Dicke eines mittelgrossen Spaltpilzes (von 0,5 mik Durchmesser trocken). Während demnach grössere Körper ihre relative Lage nicht verändern, können Staubkörperchen ganz verschoben werden.

Die beständige Bewegung, in der die Bodentheile wegen der fortwährenden Temperaturveränderungen begriffen sind, muss in einem trockenen Boden um so mehr die Verkleinerung und Lostrennung der Theilchen bewirken, je kleiner dieselben sind und je geringeren Widerstand sie zu leisten vermögen; die Conglomerate von mineralischen Staubkörperchen werden zerrieben, Spaltpilzgruppen und einzelne Spaltpilze von ihrer Unterlage abgestossen. Wie auf der Bodenoberfläche die angetrockneten Spaltpilzmassen durch den Tritt der Menschen und Thiere und durch andere mechanische Ursachen zerkleinert und in Pulver verwandelt werden, erfahren sie das nämliche Schicksal unter der Bodenoberfläche fast allein durch die mit dem Temperaturwechsel verbundenen Bewegungen.

Die dadurch freigemachten Spaltpilze können nun durch Luftströmungen fortgeführt werden, sei es einzeln, sei es zu vielen in Verbänden, sei es auf mikroskopischen Splittern von Bodentheilen, denen sie aufsitzen. Ihr weiteres Schicksal hängt davon ab, ob sie den Weg durch den Boden in die Luft zurückzulegen vermögen oder nicht. Im Allgemeinen treffen sie dabei auf nicht geringe Hindernisse, auch wenn der Boden vollkommen trocken ist und wenn die Luftströmungen die günstigste Richtung einhalten. Es ist ja bekannt, dass die Luft, die man durch eine feinporöse

Substanz, z. B. durch Baumwolle filtrirt, von Staubkörperchen, auch von den kleinsten Spaltpilzen befreit werden kann. Doch erweist sich selbst ein dichter Baumwollpfropf von bestimmter Länge mit seinen so äusserst feinen Poren nur für eine bestimmte Luftgeschwindigkeit und während einer bestimmten Zeit als vollkommenes Filter.

Der poröse Boden verhält sich, wenn die veränderten Verhältnisse in Anschlag gebracht werden, ähnlich wie ein Baumwollpfropf. Er hält die Staubkörperchen je nach seiner Beschaffenheit bis auf eine bestimmte Luftgeschwindigkeit und bis auf eine bestimmte Zeitdauer zurück, und wird über diese Grenze hinaus durchlässig. Im Allgemeinen erfolgt natürlich der Transport um so leichter, je weiter die Poren sind, und steht damit in gewissem Gegensatz zur Produktion der Spaltpilze, für welche in vielen Fällen der aus kleinen Theilen bestehende Boden sich günstiger erweist. Es darf jedoch nicht der umgekehrte Satz aufgestellt werden, dass die Durchlässigkeit des Bodens für Staubkörperchen um so geringer werde, je kleiner die Poren sind; denn das letztere Moment kann, wenn die Luft keinen anderen Ausweg hat, sich gerade als günstig erweisen.

Ueberhaupt lässt sich bezüglich der Frage, wie sich der Transport in einem feinporösen Boden gestalten werde, welche Gunstfälle sich hier den einzelnen Spaltpilzen, den aus vielen Pilzen bestehenden Flocken und den winzigen pilzführenden Bodensplittern sowohl rücksichtlich des Hängenbleibens als rücksichtlich des Weiterfliegens eröffnen, — hierüber lässt sich bei der grossen Mannigfaltigkeit der Möglichkeiten nichts Bestimmtes aussagen. Wir vermögen nur einzusehen, dass für jeden einzelnen Fall der Bodenbeschaffenheit, den wir construiren, der Stillstand und der Fortschritt der Staubkörperchen eine Function der Luftgeschwindigkeit, der Zeitdauer, der Grösse und des Gewichtes der Körperchen ist.

Für den Fall, dass der Boden hinreichend austro
ist also die Möglichkeit immer vorhanden, dass die
darin entstandenen Spaltpilze in die Luft gelangen
werden aber trotz der Bewegungen im Boden denselb
so weniger verlassen können, je mehr er feucht bleil
je mehr er mit Auswurfsstoffen verunreinigt ist, w
Klebstoffe des Harns, des Koths und des Küche
wassers in dem Boden nicht leicht so stark austro
dass die vermittelst derselben unter einander und m
Bodentheilchen zusammenklebenden Spaltpilzmassen in
portabeln Staub zerfallen. Es ist endlich selbstverstä
dass ein Boden, der von Zeit zu Zeit mit Wasser od
mit Auswurfsstoffen benetzt wird, überhaupt keine
pilze in die Luft entlässt.

Ich habe in der heutigen Mittheilung untersucht
sich aus den bekannten physikalischen Thatsachen a
verschiedenartigen Bewegungen der Staubkörperchen schl
lasse. Diese theoretische Betrachtung weist in ma
Punkten auf Lücken in unserem Wissen hin, welch
experimentellem Wege auszufüllen sind. In Folge d
haben Herr Dr. Hans Buchner und ich gemeinscha
mehrere Versuchsreihen begonnen, welche namentlic
für die Lehre von der Verbreitung der Spaltpilze besc
wichtigen Fragen thatsächlich beantworten sollen. Di
wonnenen Resultate werde ich später ausführlich dar

Für heute beschränke ich mich darauf, das Erg
derjenigen Versuche, welche durch den Eingangs erwä
Widerspruch Soyka's veranlasst wurden, im Voraus
mitzutheilen. Nach seinen im hygienischen Institut
stellten Experimenten sollte eine Luftgeschwindigkeit
weniger als 3 cm in der Secunde Spaltpilze von
faulenden Flüssigkeit (die in verdünntem Blut bes
losreissen.

Unsere Versuche stehen hiezu im schärfsten Gegensatze. Wir bedienten uns einiger Flüssigkeiten von viel geringerer Klebrigkeit, nämlich faulender ½ prozentiger Fleischextractlösung und faulenden Harns. Gleichwohl war es uns bis jetzt nicht möglich, einen Luftstrom von solcher Stärke hervorzubringen, welcher die nassen oder auch die angetrockneten Spaltpilze wegzuführen vermöchte, weder von der horizontalen Oberfläche der Flüssigkeit noch von benetzten Glaswänden und benetzten feinen Drahtnetzen, noch auch von Glaswänden und Drahtnetzen, auf denen die faulende Flüssigkeit vorher oder während des Luftdurchziehens antrocknete. Die Geschwindigkeit der Luftströmung wurde in den successiven Versuchen gesteigert auf 10 und 20 Meter in der Secunde, also bis zur Heftigkeit des Sturmwindes. Die einzelnen Versuche dauerten 6—8 Stunden.

Bei dem vollkommenen Widerspruche, in dem sich unsere Ergebnisse mit den Soyka'schen befinden, muss bei der Gewinnung der einen oder anderen ein experimenteller Fehler untergelaufen sein. Um unser Verfahren klar zu stellen und zu rechtfertigen, bemerke ich über Versuchsanordnung und Controlversuche Folgendes.

Wir bedienten uns dreifach gebogener Glasröhren, die an beiden Enden mit Baumwollpfropfen verschlossen waren. In der einen Biegung befand sich die faulende Flüssigkeit, in der andern eine durch Erhitzen pilzfrei gemachte Nährlösung. Die durchgezogene Luft strich zuerst über jene, dann über diese. — Controlversuche beweisen die vollkommene Leistungsfähigkeit der gebogenen Röhren und widerlegen den von Soyka in dieser Beziehung erhobenen Einwurf.

Die durch den Apparat hindurchgehende Luft muss pilzfrei sein, weil der Versuch zeigen soll, ob dieselbe von der faulenden Flüssigkeit Pilze oder deren Keime fortführe und damit die pilzfreie Nährlösung infizire. Zum Reinigen

der Luft empfiehlt sich am meisten ein Baumwollpfr… der auch von jeher als staubdichter Verschluss von Versu… flaschen angewendet worden ist. Da es sich aber in die… Falle nicht wie gewöhnlich um einen Verschluss ge… ruhende oder nur unmerklich bewegte Luft, sondern ge… einen durchgehenden Luftstrom von grösserer Geschwi… digkeit handelte, so musste die Leistungsfähigkeit des Pf… in dieser Beziehung zuerst festgestellt werden.

Diese Controlversuche ergaben, dass kein Baumw… pfropf absolut brauchbar ist. Seine Leistungsfähigkeit hä… ab von seiner Dichtigkeit und Länge, von der Geschwi… digkeit des durchgehenden Luftstroms und von der Zeit… dauer desselben. Ich führe beispielsweise an, dass e… möglichst dichter Pfropf von 2 cm Länge (die locker… Enden nicht gerechnet) sich schon für eine kurze Versuch… dauer nicht mehr als staubdicht erweist, wenn die dur… streichende Luft in einer leeren Röhre von gleichem Q… schnitt die Geschwindigkeit von 10—12 cm in der Secu… erreicht (die Geschwindigkeit in den Poren des Baumwo… pfropfes ist natürlich viel grösser).

Es ergibt sich hieraus, dass für jeden Versuch d… Verschluss geprüft werden musste. War der letztere ni… ausreichend, so wurde die pilzfreie und klare Nährlösu… inficirt und getrübt, aber, insofern einer der vorhin g… nannten Versuchsapparate angewendet wurde, nicht du… die von der faulenden Flüssigkeit entführten, sondern dur… die mit der Luft durch den Pfropf hindurch gegangen… Pilze. Die Richtigkeit dieser Deutung ergab sich … aus der mikroskopischen Untersuchung, indem wir in … getrübten Nährlösung die verschiedenen in der Luft v… kommenden Spaltpilzformen und darunter auch sol… fanden, die der in Fäulniss versetzten Flüssigkeit mangelte…

Sehr überzeugend sind auch folgende Versuche. E… wurden mehrere Apparate, von denen jeder aus einer dr…

fach gebogenen Röhre mit einer faulenden Flüssigkeit und einer pilzfreien Nährlösung bestand, durch Kautschukröhren verbunden. Die einzelnen Apparate, die durch ihre Verkoppelung eine einzige Leitung darstellten, seien durch I, II, III, IV, V bezeichnet. Da jeder Apparat an beiden Enden mit einem Baumwollpfropf versehen war, so wurde die in I eintretende Luft durch 1, die in II eintretende Luft durch 3 Pfropfe filtrirt, ebenso die Luft in III durch 5, die in IV durch 7, die in V durch 9 Pfropfe.

Es hing nun lediglich von der Geschwindigkeit der durchgehenden Luftströmung ab, ob in keinem der einzelnen Apparate, ob in allen oder nur in den ersten (in I, oder I und II, oder I, II und III) die pilzfreie Nährlösung inficirt wurde. Da bei jedem einzelnen Versuch die Strömungsgeschwindigkeit in allen Apparaten die nämliche war, so konnte das ungleiche Verhalten derselben nur von der ungleichen Filtration der Luft herrühren. Dies zeigte sich auch bei partieller Infection ausserordentlich deutlich in dem Umstande, dass z. B. in I die Nährlösung rasch und stark, in II langsam und schwach getrübt wurde, während die Trübung in den folgenden Apparaten ganz ausblieb. Solche Versuche thun in zwingender Weise dar, dass die angewendete Luftgeschwindigkeit von den faulenden Flüssigkeiten nichts entführte.

Was alle übrigen Versuche betrifft, so ist bei denselben das negative Resultat immer entscheidend und lässt keine andere Deutung zu. Bleibt z. B. bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 20 Metern in der Secunde die Infection der pilzfreien Nährlösung aus, so wird dadurch bewiesen, nicht nur dass der angewendete Verschluss staubdicht war, sondern auch dass von der faulenden Flüssigkeit nichts weggeführt wurde.

Man könnte nur den einen Einwurf machen, dass die von der faulenden Flüssigkeit weggeführten Pilze wegen

der grossen Luftgeschwindigkeit bei der pilzfreien N flüssigkeit vorbeiflogen und desshalb dieselbe nicht in ten. Diesem Einwurf wurde aber zum Voraus dadurch gegnet, dass die bei der Nährlösung vorbeigegan Luft durch einen besondern über derselben befindli Baumwollpfropf hindurchstreichen musste, in welchen Pilze, die sie allenfalls mitbrachte, zurückgeblieben w Der genannte Pfropf wurde nach dem Versuch in die N lösung hinuntergestossen, sodass also dieser keine von faulenden Flüssigkeit weggerissenen Pilze entgehen kon

Die angeführten Thatsachen sind für die darau ziehenden Schlüsse durchaus zwingend, und befriedigen so mehr, als sie mit den physikalischen Gesetzen und anderweitigen Versuchen im Einklange stehen.[1] werden daher zu der Vermuthung gedrängt, dass der schw Punkt in den Versuchen Soyka's die ungenügende tration der Luft ist. Derselbe bemerkt zwar, dass er Baumwollverschluss als genügendes Mittel, um Pilze a halten, erprobt habe. Er scheint aber dieser Frage we Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, da er nichts Nä über die betreffenden Versuche sagt und da ihm die wic Thatsache, dass jeder Pfropf nur eine beschränkte St dichtigkeit besitzt, entgangen zu sein scheint. Auch derselbe nicht die inficirte Nährlösung mikroskopisch u sucht, um sich davon zu überzeugen, dass dieselbe die aus der faulenden Blutflüssigkeit und nicht etwa Pilze der Luft enthalte. Endlich konnte der von ihm wendete Verschluss, wenn aus den Dimensionen des A rates die Geschwindigkeit der durchstreichenden Luft

---

1) Bei meinen früheren Versuchen (1873) hatte ich ungereinigt durch Kies gezogen, welcher mit faulender Flüssigkeit benetzt w war, und dabei gefunden, dass die Luft nicht nur keine Pilz Pilzkeime daraus entführte, sondern auch diejenigen, die sie en darin zurückliess, also filtrirt wurde.

rechnet wird, nach unseren Versuchen unmöglich staubdicht sein.

Aus den Soyka'schen Versuchen wurde von Pettenkofer und Andern der Schluss gezogen, dass aus einem verunreinigten feuchten Boden schon von den schwächsten Luftströmungen Spaltpilze in die Luft geführt werden und dass meine gegentheiligen Behauptungen damit widerlegt seien. Da nun die genannten Versuche sich als unrichtig erwiesen haben, so fallen auch die daraus gezogenen Schlussfolgerungen hinweg, welche ohnehin, weil im Widerspruche mit meinen früheren direkten Versuchen mit benetztem Kiesboden, gewagt waren.

Wir haben zu unseren jetzigen Versuchen vorzugsweise faulenden Harn benützt, weil sie dadurch für die Beurtheilung der Bodenverunreinigung besonders brauchbar werden. Die gewonnenen Resultate, wonach selbst die stärkste Luftströmung von einer mit dieser Flüssigkeit benetzten oder mit derselben angetrockneten Oberfläche keine Pilze oder Pilzkeime wegzuführen vermag, bestätigen abermals die Richtigkeit der Behauptung, dass die Bodenverunreinigung nicht bloss unschädlich, sondern selbst entschieden nützlich sei, und dass ein Boden, je ausgiebiger und häufiger derselbe mit Auswurfsstoffen verunreinigt wird, um so weniger schädliche Keime in die Luft entweichen lassen kann.

Ueber Wärmetönung bei Fermentwirkungen.

In der „Theorie der Gärung“ habe ich die Wirkung der (unorganisirten) Fermente und der (organisirten) Hefenpilze mit einander verglichen und im Gegensatze zu den herrschenden Ansichten gezeigt, dass zwischen beiden Processen nicht Uebereinstimmung, sondern gerade in den massgebenden Eigenschaften eine charakteristische Verschiedenheit besteht. Unter den Momenten, welche diese Verschiedenheit bedingen, betrifft eines die Wärmetönung, indem bei dem einzigen Gärprocess, den wir genau kennen, nämlich bei der Alkoholgärung, sicher Wärme frei, bei dem einzigen Process der Fermentwirkung, den wir etwas genauer kennen, nämlich bei der Invertirung des Rohrzuckers, höchst wahrscheinlich Wärme aufgenommen wird.

Gegen diese Theorie hat sich A. Kunkel[1]) ausgesprochen. Nach seiner Darlegung würde bei der Invertirung des Rohrzuckers (durch Invertin oder Schwefelsäure) nicht Wärme aufgenommen, sondern abgegeben, und es würde somit die Wärmetönung bei der Fermentwirkung die nämliche sein wie bei der Gärwirkung.[2]) Doch muss ich, auch nach dieser Darlegung, für meine Theorie noch den näm-

---

1) Ueber Wärmetönung bei den Fermentationen in Pflüger's Archiv f. Phys. Bd. XX, S. 509.

2) Bezüglich der Terminologie habe ich in der „Theorie der Gärung“ bereits bemerkt, dass ich Fermentwirkung nur als Concession an den jetzt allgemein gewordenen Sprachgebrauch im Gegensatz zu Gär-

lichen Grad von Wahrscheinlichkeit in Anspruch n
wie früher.

Als ersten Grund führte ich die Verbrennungsw
von Rohrzucker und Traubenzucker an, wie sie von F
land angegeben worden waren. Zunächst ergreife ich
Gelegenheit zu einer Berichtigung von Zahlen. Au
Berechnungen für die zwei bekannten Traubenzucker
den hartkrystallisirten mit der Formel (C_6 H_{12} O_6) 2 +
und den gewöhnlichen mit der Formel C_6 H_{12} O_6 +
ist die den ersteren betreffende Zahl 1,1053 aus Ve
statt der Zahl des letzteren 1,1579 in die Abhandlung
genommen worden. Die betreffende Stelle muss, da F
land unzweifelhaft gewöhnlichen Traubenzucker unters
demnach folgender Massen lauten.

Nach Frankland werden bei der Verbrennung
1 g Rohrzucker 3348, bei der Verbrennung von 1 g Tra
zucker (krystall.) 3277 Cal. frei. 1 g Rohrzucker ents
1,1579 krystall. Traubenzucker; letztere aber liefern
Verbrennen 3794 Cal. Also nimmt der Rohrzucker be
Invertirung durch Fermente, insofern wir den Invertz
in dieser Beziehung dem Traubenzucker gleichsetzen d
Wärme auf und zwar im Verhältniss von 3348 zu
oder von 100 zu 113,3.

Die Differenz zwischen den beiden Verbrennungswä
ist also noch grösser, als ich sie angegeben hatte, nä
13,3 statt 8 Proc. Gegen meine Berechnung macht Ku
geltend, dass die Frankland'schen Zahlen nicht den

---

oder Hefenwirkung gebrauche, und dass der richtige Name für di
„unorganisirten Fermente" eigentlich „organische Contactsubst
wäre. Aber noch weniger zweckmässig würde mir scheinen, f
Umsetzung durch unorganisirte Fermente mit Kunkel „Ferment
zu sagen, weil dieser Ausdruck schon im Lateinischen, besonder
in den neueren Sprachen (französisch, italienisch, englisch etc.) G
durch Hefe bedeutet.

von Genauigkeit und Zuverlässigkeit besitzen, um einen solch subtilen Schluss darauf zu stützen, indem die Zahlen für die Verbrennungswärme von Rohrzucker und Traubenzucker 3347 und 3277 nur um 2,1 Proz. des ganzen Werthes von einander abweichen.

Hiegegen ist zuvörderst bezüglich der Berechnung zu erwidern, dass, wenn wir aus der Verbrennungswärme auf die Menge der gebundenen Wärme schliessen wollen, doch nicht gleiche, sondern nur äquivalente Gewichtsmengen der beiden Zuckerarten verglichen werden dürfen und dass die Differenz der Verbrennungswärmen, auf den Traubenzucker bezogen, daher nicht 2,1 Proz. mit negativem Vorzeichen, sondern 13,3 Proz. mit positivem Vorzeichen beträgt. Nicht 1 g sondern 1,1579 g krystallisirter Traubenzucker erfordern zur Verbrennung die gleiche Menge Sauerstoff und geben die gleichen Verbrennungsmengen von Kohlensäure und Wasser wie 1 g Rohrzucker. Die auf diese Weise sich ergebende Differenz von + 13,3 Proz. in den Verbrennungswärmen wird aber noch durch zwei Umstände vergrössert, nämlich durch das Krystallwasser und das hygroskopische Wasser.

Da Frankland krystallisirten Traubenzucker verwendete, so erhielt er um so viel weniger Wärme als bei der Krystallisation frei geworden war; denn die Verbrennungswärme von wasserfreiem Traubenzucker ist gleich der Verbrennungswärme einer äquivalenten Menge von krystallisirtem Traubenzucker, weniger die Krystallisationswärme. — Da ferner die beiden Zuckerarten Frankland's nicht getrocknet waren, so musste die Verbrennungswärme des Traubenzuckers verhältnissmässig geringer ausfallen; denn es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass derselbe mehr hygroskopisches Wasser enthielt als der Rohrzucker.

Der beträchtliche Unterschied in der gebundenen Wärme der beiden Zuckerarten, der aus den Frankland'schen

Resultaten sich ergiebt, scheint mir doch nicht so ohne Weiteres vernachlässigt werden zu dürfen. Ich würde zwar Anstand genommen haben, jene Resultate gegenüber einer bestimmten gegentheiligen Thatsache als Beweis anzuführen. Sie mussten aber einiges Gewicht in die Wagschale legen, da für die Meinung, dass bei der Fermentwirkung Wärme frei werde, gar kein thatsächlicher Grund vorhanden war, indem die einzig angesprochene Analogie der unorganisirten Fermente mit den Hefenzellen offenbar als nicht zutreffend erschien. Und wenn auch die Methode, deren sich Frankland bediente, wie er selber sagt, weniger genau ist, als die gewöhnlich angewendeten calorimetrischen Methoden, so hat er doch alle erforderlichen Correcturen angebracht und nach seiner Meinung dadurch die Ergebnisse für gewisse Zwecke hinreichend brauchbar gemacht.[1]) Wenn also auf der einen Seite gar nichts für Wärmeabgabe spricht, auf der andern Seite aber eine Angabe von einem kundigen und umsichtigen Beobachter vorliegt, welche die Wärmeaufnahme darthut, so verlangt die Logik, die letztere als wahrscheinlich anzunehmen, bis das Gegentheil nahegelegt oder nachgewiesen wird.[2])

Die Wahrscheinlichkeit, dass der Traubenzucker eine grössere Menge von gebundener Wärme enthalte als der Rohrzucker, wurde für mich sehr bedeutend erhöht und

---

1) In der von Kunkel citirten betreffenden Stelle aus der Abhandlung Frankland's sind die nicht unwichtigen Worte „with the corrections described below" weggeblieben.

2) In der jüngsten Zeit sind Verbrennungswärmen von Rohrzucker durch Stohmann bekannt geworden, welche merklich höhere Ziffern darstellen als die Frankland'schen Resultate. Sie können aber nicht verwerthet werden, so lange nicht Traubenzucker oder Invertzucker nach der nämlichen Methode untersucht ist. Bis dahin behalten die Frankland'schen Zahlen ihren wahrscheinlichen Werth, da sie für die beiden Zuckerarten auf die nämliche Weise gewonnen wurden und daher wohl auch mit den gleichen Fehlerquellen behaftet sind.

ıahezu zur Gewissheit erhoben durch die Vergleichung ler spezifischen Gewichte und der Molecularvolumina. Leider st das spezifische Gewicht des wasserfreien Traubenzuckers ıicht ermittelt. Indessen reicht die Betrachtung, welche ich an das spezifische Gewicht des krystallisirten Traubenuckers knüpfen lässt, für die vorliegende Frage vollkommen ıus. Die spezifischen Volumina (Volumen der Gewichtsinheit Wasser = 1) oder auch die Molecular-Volumina des 'raubenzuckers und der äquivalenten Menge Rohrzucker + Wasser verhalten sich wie 106 : 100 oder 107 : 100, je ıach den Werthen, die man für die spezifischen Gewichte on Rohrzucker und Traubenzucker annimmt. Würde also er Rohrzucker bei der Invertirung vollständig in krystalisirten Traubenzucker übergehen, so müsste er sammt der ugehörigen Menge Wasser sich um 6 bis 7 Proz. ausdehnen. edenfalls gilt dies für die eine Hälfte des Rohrzuckers, die u Traubenzucker wird, und von der andern Hälfte, die zu ,evulose wird, darf man mit Wahrscheinlichkeit eine anaoge Volumenzunahme erwarten.[1])

Nun ist es zwar, wie Kunkel richtig bemerkt, bis etzt den Physikern nicht gelungen, durchgehende gesetzıässige Beziehungen des Molecularvolumens fester Verbinıungen zu begründen. Allein um diese allgemeine Frage ıandelt es sich hier eigentlich nicht, sondern nur darum, ob bei iner chemischen Umsetzung fester Verbindungen die Aenderıng des Volumens mit einer gleichsinnigen Aenderung der ;ebundenen Wärme zusammentreffe und inwiefern Ausnahmen

1) Der Milchzucker, welcher in analoger Weise wie der Rohrucker in 2 isomere Verbindungen invertirt wird, nämlich in Dextrose Traubenzucker) und Galactose, steht auch bezüglich des Volumens in inem gleichen Verhältniss zum Traubenzucker wie der Rohrzucker. Das Volumen von 1 Mol. krystallisirtem Milchzucker ($C_{12} H_{24} O_{12}$) + 2 Mol. Wasser ($H_4 O_2$) verhält sich zum Volumen von 2 Mol. krystallisirtem Traubenzucker ($C_{12} H_{28} O_{14}$) wie 100 : 106,1.

von dieser Regel auftreten. Wie ich glaube, trifft b
Uebergang einer organischen Verbindung in eine andere
analoger Constitution und gleichem chemischen Charal
wie dies bei den Umsetzungen der Zuckerarten und ü
haupt der Kohlenhydrate der Fall ist, allgemein Volu
zunahme mit Wärmeaufnahme und Volumenverminder
mit Wärmeabgabe zusammen. Diese Regel hat aber k
Gültigkeit mehr, wenn die Constitution oder der chemi
Charakter eine Aenderung erfährt, wie dies dann der
ist, wenn z. B. ein Alkohol oder ein Aldehyd in eine Sä
übergeht.

Kunkel meint gewichtige Einwände gegen m
Ansicht machen zu können, indem er sagt, das Beispiel
Rohrzuckers zeige uns gerade, wie weit mit geringen
standsänderungen fester Körper das spezifische Gewicht
riire; — dasselbe werde für den krystallisirten (Kand
Zucker sehr übereinstimmend zu 1,59, für den amorp
(Gersten-)Zucker zu 1,509 von Biot angegeben; — n
krystallisire der Traubenzucker mit Krystallwasser,
Rohrzucker ohne solches: auch das Krystallsystem, in d
beide krystallisiren, sei verschieden, — wie diese Umstän
auf das spezifische Gewicht einwirken, sei uns vorderh
ganz unbekannt.

Ueber diese Dinge giebt indess die Physik, soweit
für die vorliegende Frage erforderlich ist, genügenden u
für meine Theorie durchaus günstigen Aufschluss. W
den amorphen und krystallisirten Zustand betrifft, so k
nach den Beobachtungen von Berthelot beim Ueberga
verschiedener Salze aus dem ersteren in den zweiten Wär
frei werden. Damit stimmt der Umstand, dass der amorp
Gerstenzucker ein geringeres spezifisches Gewicht, somit
grösseres spezifisches Volumen besitzt als der krystallisi
Kandiszucker, vortrefflich überein. Es ist sicher, dass a
die Verbrennungswärme des ersteren, wenn einmal der V

such gemacht wird, grösser ausfallen wird als die des zweiten.[1]) Uebereinstimmende Thatsachen sind ferner, dass dem Diamant unter den verschiedenen Formen, in denen der Kohlenstoff bekannt ist, das kleinste specifische Volumen und die geringste Verbrennungswärme zukommt, dass der krystallisirte Schwefel ein kleineres Volumen und eine geringere Verbrennungswärme hat als der amorphe, dass bei der isomeren Umwandlung des amorphen Siliciums in krystallisirtes Wärme frei wird u. s. w.

Damit soll nicht gesagt sein, dass der krystallisirte Zustand immer das kleinere Volumen und die kleinere Menge von gebundener Wärme darstelle. Es soll nur die Abhängigkeit der beiden Erscheinungen von einander gezeigt werden. Ebenso gut kann die amorphe Substanz, wenn sie krystallisirt, ihr Volumen und ihre Spannkraft vermehren. — Nicht anders wird es sich verhalten, wenn die nämliche Substanz in zwei verschiedenen Systemen krystallisirt. Alle Analogie weist darauf hin, dass auch in diesem Falle Aenderung des Volumens und der gebundenen Wärme im gleichen Sinne erfolgen, und dass etwa an eine spezifische Wirkung des Krystallsystems auf die Wärmetönung, ohne dass dieselbe eine entsprechende Aenderung des spezifischen Gewichtes zur Folge hätte, mit einiger Wahrscheinlichkeit nicht gedacht werden darf.

Was das Krystallwasser betrifft, so ist es wohl eine ausnahmslose Erscheinung, dass bei der Krystallisation die Verbindung sammt dem eintretenden Wasser sich unter Wärmeabgabe verdichtet. Diese Volumenabnahme beträgt bei verschiedenen unorganischen Salzen 12 bis 21 Proz. Sie muss auch bei der Krystallisation des Traubenzuckers eintreten. Wenn daher der letztere ein um 6 bis 7 Proz.

---

1) Diese Annahme wird auch durch den Umstand unterstützt, dass die Wärmecapacität des amorphen Rohrzuckers grösser ist als die des krystallisirten.

grösseres Volumen einnim
Rohrzucker + Wasser, so
zwischen wasserfreiem Tra
Menge von Rohrzucker +
sein, und dürfte nach Ana
haltigen krystallisirten S
scheinlich aber 13 Proz. b
eine grössere Menge von
zucker gegenüber dem Ro

Kunkel macht fe
ganz allgemeinen Einwu
Unhaltbarkeit darzuthun
klar ist, muss ich sie v
meiner Ansicht wirke das
„vermittle bloss die Ueb
wandle die freie Wärme
findet, in Bewegung sein
theile diese Spannkraft[1])
legenden Verbindung mit"
Dann fährt er fort: „N
Fermente im Stande, du

Wärme in potentielle Energie zu verwandeln, und da eine bestimmte Fermentmenge eine geradezu unbegrenzte Wirkung ausübt, so hätten wir darnach im Fermente ein Mittel, in einer Lösung von etwa 30° C. (ohne Zuhilfenahme von Licht oder sonst einem entsprechenden mechanischen Aequivalent) freie Wärme in unbegrenzter Weise in Spannkraft zu verwandeln. Eine solche Auffassung widerspricht aber aller Erfahrung, die man über Energieänderung besitzt."

Ich weiss nicht recht, worin der Schwerpunkt dieser Kritik liegen und gegen welches physikalische Gesetz ich mich vergangen haben soll. Es möchte ja fast scheinen, als ob ich mich eines neuen Perpetuum mobile schuldig gemacht hätte. Daran ist so viel richtig, dass ich, wie aus meiner Darstellung klar hervorgeht, das katalytisch wirkende Molekül als eine kleine Maschine betrachte, welche von der umgebenden freien Wärme gleichsam geladen wird und ihre Kraft an die zu zerlegende Substanz abgiebt. Wenn daraus die Möglichkeit einer unbegrenzten Kraftübertragung gefolgert wird, so ist dies für die gleichen Voraussetzungen unbestreitbar. Wenn ein Gewehr immer wieder geladen wird, kann man es, so lange es sich nicht abnützt, immer wieder abschiessen; — und da ein Molekül von Schwefelsäure oder von Diastase, Pepsin u. dgl. sich nicht abnützt, so kann es auf unbegrenzte Dauer immer wieder in den wirkungsfähigen Zustand versetzt werden. Das hat aber die Fermentwirkung mit jeder physikalischen oder chemischen Aktion gemein, indem ein Vorgang, der einmal möglich ist, unter den gleichen Bedingungen immer von Neuem möglich ist.

Es wäre also noch die Frage, ob freie Wärme, ohne Zuhülfenahme von Licht oder einem andern mechanischen Aequivalent, in Spannkraft verwandelt werden kann, und hiefür giebt es ja eine Menge von Beispielen. Man denke an die Verdunstung, bei welcher Wärme in Spannkraft

der Dämpfe übergeht, — an jede Temperaturerhöhung Körpers, bei welcher freie Wärme gebunden wird (fische Wärme, Wärmecapacität), — an die Zersetzung erhöhte Temperatur, wobei freie Wärme zu chem Spannkraft wird, — so wie an alle andern Leistunge Wärme. Ich könnte selbst die Vegetation der Pilz führen, welche in vollständiger Dunkelheit leben und von nicht gärfähigen Verbindungen (im natürlichen stande von humussaurem Ammoniak, bei künstlichen suchen von essigsaurem Ammoniak) sich nähren kö wobei jedenfalls die Bewegung, welche die freie W verursacht, einen Theil der Arbeit übernimmt.

Fast möchte man glauben, dass der Kritik unde das unter dem Namen der Entropie bekannte Geset mechanischen Wärmetheorie vorgeschwebt hat, wonac freie Wärme nie vollständig in mechanische Spann zurückverwandelt werden kann. Selbstverständlich dieses Gesetz keine Anwendung auf den vorliegenden bei dem nur ein kleiner Theil der verfügbaren freien W gebunden wird.

Nachdem Kunkel durch die bis jetzt besproc Ausstellungen gezeigt zu haben glaubt, dass meine T von den Fermentwirkungen auf schwachen Füssen stehe, er dieselbe durch Resultate eigener Versuche direkt w legen. Er versetzte Rohrzuckerlösungen mit aus Bierhef wonnenem Ferment, ferner mit Schwefelsäure, und beobac eine während der Invertirung eintretende Temperaturerhöh in Uebereinstimmung mit einer früheren Angabe von ham, Hofmann und Redwood, dass in einer zuckerlösung vor dem Eintritt der Gärung eine vor gehende deutliche Erhöhung des spezifischen Gewichtes finde.

Diese zwar vorauszusehende, aber immerhin dankenswerthe Beobachtung, dass eine sich invert

Rohrzuckerlösung Wärme entwickelt,[1]) hat mich zu der gegenwärtigen Erwiderung veranlasst, weil die scheinbare Widerlegung meiner Theorie durch eine Thatsache ohne genauere Berücksichtigung der mitwirkenden Ursachen leicht für eine begründete gehalten werden möchte.

Dass eine invertirende Rohrzuckerlösung sich verdichte und erwärme, liess sich zum Voraus mit grösster Wahrscheinlichkeit aus einer Vergleichung des spezifischen Gewichtes von Rohr- und Traubenzuckerlösungen erwarten.

---

1) Ich betrachte dies als Thatsache, weil schon die Verdichtung der Lösung eine Steigerung der Temperatur verlangt, während der experimentelle Beweis wegen eines schwachen Punktes nicht ohne Weiteres als vollgültig erscheint. Um zu zeigen, dass die Temperaturerhöhung nicht etwa auf allenfallsige Contraction beim Mischen der beiden Flüssigkeiten zurückzuführen sei, stellte Kunkel einen Kontrolversuch an, bei welchem die Schwefelsäure, statt mit Zuckerlösung, mit Wasser vermischt wurde.

Die Mischung von Schwefelsäure und Wasser ergab eine sofortige Temperaturerhöhung um mehr als 2° und dann eine 5 Minuten dauernde allmälige Abnahme der Temperatur. Wenn ein in gleicher Weise angestellter und damit zu vergleichender Versuch bei der Mischung von Schwefelsäure und Zuckerlösung ebenfalls eine sofortige Erwärmung und dann eine viel langsamere Abkühlung ergeben hätte, so könnte man mit grosser Wahrscheinlichkeit diese langsamere Abkühlung auf Rechnung einer vorhandenen Wärmequelle setzen. Nun aber trat beim Vermischen von Zuckerlösung und Säure nicht, wie man erwarten möchte, eine Erhöhung, sondern eine geringe Erniedrigung der Temperatur (um 0,07° C) ein; die Anfangstemperatur wurde nach 2 Minuten erreicht. Die Wärme stieg dann noch während 2 folgenden Minuten (im Maximum 0,09° C über die Anfangstemperatur) und verminderte sich nachher während 6—7 Minuten ganz allmälig.

Dieses auffallende Versuchsergebnisss, namentlich das Ausbleiben einer anfänglichen Erwärmung hätte eine Klarlegung verdient, um den naheliegenden Einwurf zu entkräften, die Ursache der Verschiedenheit zwischen Zuckerlösung und Wasser bezüglich der Wärmetönung beruhe darin, dass die erstere sich langsamer mit Schwefelsäure vermische und die freie Wärme langsamer abgebe, als das letztere. Ich zweifle nicht daran, dass ein solcher Einwurf sich experimentell beseitigen liesse.

Dieselben besitzen nämlich nahezu das gleiche spez Gewicht, wenn gleiche Gewichtsmengen von Rohrzuck von wasserfreiem Traubenzucker in Wasser gelöst Vergleicht man aber, was für die vorliegende Frage zulässig ist, äquivalente Mengen mit einander, so b die Traubenzuckerlösung wenigstens bis zu einem bestin Prozentgehalt stets eine grössere Dichtigkeit. In de genden Tabelle habe ich einige zur Vergleichung bere Werthe zusammengestellt; sie gründen sich auf di Pohl für die beiden Zuckerarten gefundenen Werthe

Rohrzucker		Traubenzucke	
Prozente an Zucker	Dichtigkeit der Lösung	Prozente an Zucker	Dichtigk der Lös
2	1,0080	2,10526	1,008
5	1,0201	5,26316	1,020
10	1,0405	10,52632	1,042
15	1,0616	15,78947	1,064
20	1,0838	21,05263	1,087
25	1,1068	26,31579	1,107

Die dritte Verticalcolumne enthält die Mengen wasserfreiem Traubenzucker, welche den Rohrzuckerm der ersten Verticalcolumne entsprechen. Die Differenze

gehalten bereits dem Sättigungspunkt entgegengeht, während die Rohrzuckerlösung noch weit davon entfernt ist.

Lösungen von Traubenzucker, die nicht über 26 Proz. wasserfreier Substanz enthalten, besitzen also ein grösseres spezifisches Gewicht als die äquivalenten Rohrzuckerlösungen, und wenn die letzteren in die ersteren übergehen könnten, so müsste in Folge der eintretenden Verdichtung Wärme frei werden. In Wirklichkeit geht bei der Invertirung nur die Hälfte Rohrzucker in Traubenzucker, die andere Hälfte in Levulose über. Ich habe als wahrscheinlich angenommen, dass die beiden Hälften des Invertzuckers in ihren physikalischen Eigenschaften sich ähnlich, wenigstens nicht sehr ungleich verhalten. Diese Annahme findet nun wenigstens in einem Punkte experimentelle Bestätigung, indem der Uebergang von Rohrzucker in Invertzucker sich bezüglich der Dichtigkeit der Lösung und der Wärmetönung so verhält, wie sich der Uebergang von Rohrzucker in Traubenzucker verhalten würde.

In welcher Beziehung steht nun aber die Thatsache, dass eine Rohrzuckerlösung bei der Invertirung sich verdichtet und erwärmt, zu meiner Annahme, dass durch die Fermentwirkung Wärme von der Substanz aufgenommen und Produkte mit grösserer Spannkraft gebildet werden? Auf den ersten Anlauf möchte es scheinen, dass der Invertzucker weniger gebundene Wärme enthalten müsse als der Rohrzucker und dass somit Kunkel berechtigt sei, jene Annahme als direkt widerlegt zu erklären. Bei sorgfältigerer Prüfung überzeugt man sich aber leicht, dass das Auftreten freier Wärme in einer invertirenden Rohrzuckerlösung die vorliegende Frage gar nicht entscheidet. Es sind nämlich gleichzeitig zwei Processe thätig, welche beide auf die Aenderung des spezifischen Gewichtes und auf die Wärmetönung Einfluss haben und die entweder im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne wirken, nämlich 1) die chemische Umsetzung

von Rohrzucker in Invertzucker und 2) die dadurch be
Veränderung in der Dichtigkeit der Lösung.

Bezeichnen wir die bei der Umwandlung von Rohr
in Invertzucker frei werdende oder aufgenommene W
menge mit $\pm V$ und die bei der stattfindenden Verdi
der Lösung freiwerdende Wärme mit $+ W$, so wird d
sammte Wärmetönung ausgedrückt durch $W \pm V$.
Ausdruck ist positiv; denn es wird die Temperatu
Flüssigkeit erhöht. Aber daraus ergiebt sich nichts f
Beantwortung der Frage, ob V positiv oder negativ s
beweist bloss für den Fall des negativen Vorzeichens,
$W > V$ ist.

Nach den früheren Erörterungen über das Verhä
zwischen dem Volumen des Rohrzuckers und einer
valenten Menge von Traubenzucker findet bei der Inverti
immer unter der Voraussetzung, dass sich Invertzucker
lich verhalte wie Traubenzucker, folgender Vorgang
Das Volumen einer Zuckerlösung lässt sich als die S
von dem Volumen des gelösten Zuckers und dem Vol
des (verdichteten) Wassers denken. Wird nun in eine
stimmten Rohrzuckerlösung das Volumen des Zuckers
und dasjenige des Lösungsmittels mit A und in der d
entstehenden Invertzuckerlösung das Volumen des Zu
mit D und dasjenige des Lösungsmittels mit A_1 bezeic
so verhält sich das Volumen der Lösung vor und nach
Invertirung wie $S + A : D + A_1$. Indem S zu D wird, n
es zu: dagegen besteht der Uebergang von A zu A
einer Verminderung und zwar ist diese Volumenverminde
beträchtlicher als es die Verdichtung der ganzen Lösung
giebt, weil der gelöste Körper nach der Invertirung e
grössern Raum in Anspruch nimmt. Die Umwandlung
S in D bedingt eine Aufnahme, die Umwandlung vo
in A_1 eine Abgabe von freier Wärme.

Ich theile noch die numerischen Werthe der eben

nannten Grössen mit, wie sie sich für die Invertirung einer 5 und 10 prozentigen Rohrzuckerlösung ergeben; die Werthe für das Volumen des wasserfreien Traubenzuckers, dessen spezifisches Gewicht unbekannt ist, wurden aus dem Volumen des krystallisirten Traubenzuckers durch muthmassliche Berechnung gewonnen.

	Rohrzuckerlösung ($C_{12} H_{22} O_{11}$)			Traubenzuckerlösung ($C_6 H_{12} O_6$)		
	Spezifisches Volumen	S	A	Spezifisches Volumen	D	A_1
5 Proz.	0,98030	0,03113	0,94917	0,97944	0,03801	0,94143
10 —	0,96108	0,06227	0,89881	0,95919	0,07601	0,88318

Indessen ist es Kunkel nicht entgangen, dass mit der von ihm nachgewiesenen Temperaturerhöhung einer invertirenden Zuckerlösung das letzte Wort nicht gesprochen sei. Sie liefere, sagt er, keinen vollgültigen Beweis, weil wir die Lösungswärmen des Rohr- und Invertzuckers nicht kennten und weil wir nicht wüssten, ob die eine oder beide Zuckerarten bei der Lösung höhere Hydrate bilden. — Zur Wahrung der Richtigkeit meiner bisherigen Auseinandersetzung muss ich diese beiden Gründe als unzutreffend zurückweisen. Wenn wir auch die Lösungswärmen genau kennten, so könnten wir sie doch nicht brauchen, weil jede Lösungswärme aus zwei entgegengesetzten Wärmetönungen besteht, einer Wärmeaufnahme, wodurch die Moleküle des Körpers sich von einander trennen und in Bewegung gerathen, und einer Wärmeabgabe, welche die Folge der Verdichtung des Lösungsmittels ist, — und ihre Kenntniss wäre überflüssig, weil bei der Invertirung einer Zuckerlösung der erstere Wärmetönungsprozess ganz wegfällt, indem ja bloss eine Lösung sich in eine andere umwandelt.

Wenn wir ferner auch genau wüssten, ob und wie viel Wassermoleküle sich in der Lösung mit einem Molekül der verschiedenen Zuckerarten als „Hydrat“ (oder zur Hydropleonbildung, wie ich diese Art der Hydratisirung genannt habe) vereinigen, so wären wir desshalb bezüglich der vor-

liegenden Frage um nichts klüger, schon desswege die auf ein Molekül „Hydratwasser" frei werdende unmöglich bestimmt werden könnte. Bei dem gegenwi Stande der Wissenschaft lässt sich die Gesammtw tönung bei der Invertirung des Zuckers bloss als oder Differenz von zwei Wärmetönungen nachweisen denen die eine (die Wärmetönung bei der chemische setzung) aus der Differenz der Verbrennungswärme unmittelbar ergiebt, die andere (die Wärmetönung b Aenderung der Lösungsdichtigkeit) aus dem Unter zwischen der genannten Differenz und der Gesammtw tönung ermittelt wird; die Hydratbildung ist als ein grirendes Moment in der letzteren inbegriffen.

Bei der Umwandlung von Dextrin in Zucker, Kunkel noch anführt, sind nach meiner Ansicht eige 6 verschiedene Prozesse zu unterscheiden, von denen jeder Beitrag zu der gesammten Veränderung der Lösungsdicht und der gesammten Wärmetönung liefert: 1) Das Zer der wenig beweglichen Micelle in die einzelnen leichter b lichen Moleküle (ähnlich wie bei der Lösung von kleinen stallen), 2) der Uebergang der Dichtigkeit des Wassers a Micellarlösung in die Molekularlösungen, 3) die che Umwandlung der Dextrinmoleküle in Maltosemoleküle, Aenderung der Dichtigkeit des Wassers aus der molek Dextrinlösung in die Maltoselösung, 5) die chemische setzung der Maltosemoleküle in Dextrosemoleküle und Dichtigkeitsänderung des Wassers beim Uebergang der toselösung in die Dextroselösung. Von diesen 6 Pro werden 1, 3 und 5 Volumenzunahme und Wärmebin 2, 4 und 6 dagegen Verdichtung und Wärmeabgab dingen und das Gesammtresultat ist wahrscheinlich peraturerniedrigung der Lösung.[1])

1) Wenn auch die Unterscheidung von 6 verschiedenen Pr theoretisch richtig ist, so dürfte es praktisch zweckmässiger sei

Als Resultat der ganzen Betrachtung ergiebt sich, dass der Satz, die Fermentwirkung bilde Produkte von höherer potentieller Energie, noch eben so wahrscheinlich ist als vordem. Er beruht auf der Annahme, dass der gesammte Invertzucker ähnliche Eigenschaften besitze wie der Traubenzucker allein, und diese Annahme hat durch die Beobachtung Kunkel's über die Temperaturerhöhung einer invertirenden Rohrzuckerlösung eine neue Stütze gewonnen, indem sie zeigt, dass auch in dieser Beziehung der Invertzucker sich so verhält, wie man es von dem blossen Traubenzucker erwarten müsste.

Es genügt nicht im Allgemeinen zu sagen, dass Dextrose und Levulose verschieden seien und dass man daher nicht die eine an die Stelle der andern setzen dürfte. Man muss vielmehr erwägen, in wiefern und in welchem Umfange die Eigenschaften der beiden Verbindungen übereinstimmen, und man muss sich namentlich vergegenwärtigen, welche Consequenzen rücksichtlich dieses Verhältnisses aus der einen und andern Theorie über die Fermentwirkung sich ergeben. Wie ich bereits angeführt habe, nimmt der wasserfreie Traubenzucker (nach der Analogie der krystallwasserführenden und wasserfreien Salze zu schliessen) ein um 12 bis 13 Proz. grösseres Volumen ein, als der Rohrzucker sammt der zugehörigen Wassermenge ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$), und muss demnach auch eine entsprechend grössere Menge von gebundener Wärme enthalten. Würde nun der Invertzucker weniger latente Wärme besitzen als der Rohrzucker, so müsste die eine Hälfte desselben den Ueberschuss der andern mehr als conpensiren; die Levulose müsste an Volumen und an Spannkraft dem Rohrzucker um einen grösseren Be-

in 3 zusammenzufassen: 1) das Zerfallen der Micelle in die einzelnen Moleküle, 2) die chemische Umwandlung vom Dextrin bis zur Dextrose, 3) der Uebergang von der Dichtigkeit der anfänglichen micellaren Dextrinlösung zur schliesslichen Dichtigkeit der Dextroselösung.

trag nachstehen als die Dextrose ihm voraus ist, ergäbe sich zwischen Levulose und Dextrose ein so Unterschied, wie er wohl ganz undenkbar ist. Enthä der Invertzucker mehr latente Wärme als der Rohr so bleibt noch hinreichender Raum für die Verschied seiner beider Componenten, und es ist nicht unwahrsche dass der Levulose etwas weniger Spannkraft zukom der Dextrose und dass sie die etwas festere Verbi darstellt, wie sie auch schwieriger vergärt.

Wenn aus chemischen und physikalischen Gr dem Invertzucker im Vergleich mit dem Rohrzucker grössere Menge von gebundener Wärme zugeschrieben w muss, so sprechen physiologische Erwägungen nicht m zu Gunsten dieser Annahme. Jedenfalls ist, wie wi vielfachen Beispielen erkennen, diejenige Verbindung g neter für den Assimilationsprozess, welche unter übr gleichen Umständen mehr Spannkraft enthält. Würde der Rohrzucker bei der Invertirung Wärme abgeben müsste man annehmen, dass die Schimmelpilze ein Fer bilden und ausscheiden, welches die ihnen zu Gebot ste Nährverbindung, ehe sie dieselbe aufnehmen, in eine den Lebenschemismus weniger günstigen Zustand über — eine Annahme, die bei der grossen Zweckmässi aller organischen Einrichtungen gewiss sehr unwahrsc lich ist.

Ueber die vorliegende in physiologischer und chemi Beziehung wichtige Frage werden wir übrigens erst volle Gewissheit erlangen, wenn die Verbrennungswä von Rohrzucker, Dextrose und Levulose genau erm sind, wobei es sehr wünschbar wäre, wenn auch die K niss anderer diese Verbindungen betreffenden Consta vervollständigt würde.

Ernährung der niederen Pilze

durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen.[1])

Den Pilzen mangelt bekanntlich die den grünen Pflanzen zukommende Fähigkeit, Kohlensäure zu assimiliren. Sie müssen, ähnlich wie die Thiere, den Kohlenstoffbedarf aus höheren Kohlenstoffverbindungen sich aneignen. Man glaubte früher allgemein, der Autorität Liebig's folgend, dass bloss eiweissartige Stoffe ihnen als Nahrung dienen könnten.

Indessen hat Pasteur schon vor längerer Zeit gezeigt, dass die Sprosshefenpilze durch weinsaures Ammoniak und Zucker (1858), Penicillium durch weinsaures Ammoniak allein ernährt werden kann (1860). Die Richtigkeit dieser Thatsachen ist, entgegen dem anfänglich erhobenen Widerspruche, von allen späteren versuchskundigen Beobachtern bestätigt worden. Sie war übrigens bereits nach

---

1) Einige der erläuternden Versuche sind von Hrn. Dr. Oscar Loew ausgeführt worden und am Schlusse beschrieben.

den ersten Angaben Pasteur's unzweifelhaft, w nicht nur das Verschwinden des weinsauren Amm und die gleichzeitige Zunahme der Pilzsubstanz beoba sondern auch nachwies, dass bei Anwendung von Tr säure allmählich die rechtsdrehende Weinsäure vo Pilzen aufgenommen wird, während die linksdrehende in der Flüssigkeit zurückbleibt.

Seitdem sind von verschiedenen Beobachtern ei Thatsachen über die Ernährung der Pilze durch K stoff- und Stickstoffverbindungen festgestellt worden schien mir besonders wünschenswerth, möglichst versch Verbindungen bezüglich ihrer Ernährungstüchtigke prüfen, um zu ermitteln, welche chemische und physika Beschaffenheit sie dazu geeignet oder ungeeignet macht diesem Zwecke habe ich schon in den Jahren 186 1869, dann gemeinschaftlich mit meinem Sohn, Dr. W Nägeli in den Jahren 1870/1 und 1875/6 eine gr Anzahl von Versuchen ausgeführt, und in neuerer wurde dieselbe noch von Dr. O. Löw ergänzt.

Die gestellte Frage ist also: Aus welchen Ver ungen vermögen die Pilze die Elemente C, H, O, entnehmen, um ihre Substanz zu vermehren? Wir k

somit ist anzunehmen, dass von den kleinen Mengen, die in Lösung gehen, die lebende Pilzsubstanz immer einen Theil aufzunehmen und zu assimiliren vermag. Aber da die Pilzzellen durch Oxydation und Ausscheidung stets einen grossen Gewichtsverlust erleiden, so reicht die langsame Assimilation in sehr verdünnten Lösungen nicht aus, um denselben zu decken. Wenn daher eine schwerlösliche Substanz nicht zu ernähren vermag, so muss die Ursache nicht etwa nothwendig in ihrer chemischen Constitution gesucht werden.

Bezüglich der Giftigkeit der Verbindungen, so ist dieselbe bekanntlich eine durchaus relative Eigenschaft, indem die schädliche Wirkung bei einer bestimmten Verdünnung aufhört. Demgemäss giebt es Gifte oder antiseptische Substanzen, welche in einer gewissen Concentration die beste Nährlösung zur Ernährung untauglich machen, während sie in viel geringerer Concentration selbst als Nahrung dienen. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass jede giftige C- und N-verbindung, die ihrer chemischen Constitution nach assimilationsfähig wäre, auch wirklich das Wachsthum der Pilzzellen unterhalten kann. Lösliche Substanzen, die den höchsten Grad der Schädlichkeit erreichen, werden erst bei so weitgehender Verdünnung unschädlich, dass sie nicht mehr ernähren können. Und zwar tritt die Ernährungsunfähigkeit schon früher ein, als bei den schwerlöslichen unschädlichen Verbindungen, weil eine leichter lösliche Substanz bei gleich grosser Verdünnung von dem Wasser fester zurückgehalten und daher von den Pilzzellen demselben weniger leicht entzogen wird.

Was nun zuerst den Stickstoff betrifft, so vermag derselbe aus allen Verbindungen angeeignet zu werden, die man als Amide und Amine bezeichnet. Dabei ist es gleichgültig, ob der Kohlenstoff der Verbindung zur Ernährung verwendet werden kann oder nicht. Während

Acetamid, Methylamin, Aethylamin, Propylamin, Asp
Leucin, zugleich als C- und als N-nahrung dienen
aus Oxamid und Harnstoff bloss N (nicht C) entn
werden. Als Stickstoffquelle können die Pilze fern
Ammoniaksalze und die einen derselben auch die sa
sauren Salze verwenden.

Bezüglich der einfachsten der genannten Verbind
ist zu bemerken, dass es von der Art und Weise, w
Versuch angestellt wird, abhängt, ob derselbe eine
mehrung der Pilze zeigt oder nicht. Man darf sich
durch negative Resultate nicht irre führen lassen.
sonders kann schon eine geringe Concentration der L
sich als zu hoch gegriffen und demnach als nachtheil
weisen. In dem später unter Nr. 35 angeführten Ve
haben sich die Spaltpilze in einer 0,5 prozentigen L
von salzsaurem Methylamin ziemlich reichlich, in den
Nr. 59 und 60 angeführten Versuchen in einer 1
1,25 prozentigen Lösung gar nicht vermehrt.

Dagegen kann der freie Stickstoff nicht assi
werden, ebenso nicht der Stickstoff aus Cyan und aus
Verbindungen, in denen er nur als Cyan enthalten ist
such 62,a). Wenn solche Verbindungen zuweilen als S

ährlösung aufgenommene Ammoniak den Stickstoff ge-
fert habe.

Vergleichen wir Ammoniak und Salpetersäure mit
nander, so ist bemerkenswerth, dass während die Schimmel-
lze und die Spaltpilze die Salpetersäure assimiliren
nnen, die Sprosspilze wohl durch Ammoniak aber nicht
rch Salpetersäure ernährt werden. Auf die letzteren
rkt die Anwesenheit der Salpetersäure kaum günstiger,
wenn gar keine Stickstoffquelle vorhanden wäre, indem
eine Zeit lang vegetirende und sich fortpflanzende
rosshefe zwar durch Bildung von Cellulose und Fett ihr
sammtgewicht etwas vermehrt, den gesammten Stickstoff-
halt aber bedeutend vermindert (Versuch 55, b, c, d).

Die Resultate bei der Kultur der Schimmelpilze sind
ch zweifelhaft. In einem Falle schien salpetersaures
nmoniak sich besonders günstig zu verhalten (vgl. Ver-
ch 15 mit 13), während andere Male dasselbe keine
össere Ernte ergab als essigsaures Ammoniak (Versuche
und 16) oder als salpetersaures Kali (Versuch 58 b
d c). Eine bessere Stickstoffquelle als Ammoniaksalze
d Nitrate scheint der Harnstoff zu sein (Versuche 18,
, 20, 58 d). — Was die Spaltpilze betrifft, so können
nche von Salpetersäure wohl leben, zeigen aber mit
nmoniak ein entschieden besseres Gedeihen.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Salpetersäure
ht als solche assimilirt, sondern vorher in Ammoniak
gewandelt wird, und dass es somit wesentlich von dem
ductionsvermögen der Pilze abhängt, ob sie dieselben er-
hren kann oder nicht (Versuch 57, 58).

Suchen wir einen allgemeinen Ausdruck für die Er-
hrungstüchtigkeit der Stickstoffverbindungen, so können
r wohl sagen, dass der Stickstoff am leichtesten assimi-
t wird, wenn er als NH_2 vorhanden ist, weniger leicht,



kennen nun zwar das erste Ass
vegetation nicht und dürfen
Pflanzengeweben, in welchen b
phylls Kohlensäure assimilirt wi
benützen. Wenn wir aber die E
versuche bei Pilzen für eine The
können wir vielleicht sagen, das
milationsprodukt enthaltene Ato
3 unmittelbar miteinander in c
genden C-atomen, an denen u
O-atome befestigt sind, bestehen
doppelung daraus zunächst eine
haltende Gruppe sich bildet. F
so begreifen wir die aus den
Resultate, dass unter übrigens
bindungen mit 1 C-atom am s
oder gar nicht (Ameisensäure,
dass mit der steigenden Zahl d
hängenden C-atome die Assimil
geht, (Leucin mit 6 C ernährt
4 C), dass es ferner günstiger is
nicht bloss H-atome sondern auch C
Gruppe CH_2OH verhält sich un
ständen günstiger als CH_3, ebens
CH_2-CH_3), und dass Verbindung
oder C-gruppen, die durch N ode

vermögen. Dahin gehören, ausser den unorganischen Verbindungen Kohlensäure und Cyan, die sog. organischen: Harnstoff, Ameisensäure, Oxalsäure, Oxamid (Versuch 17, 29, 26, 27, 37).

Versuchen wir den allgemeinen Charakter der assimilirbaren Kohlenstoffverbindungen festzustellen, so besteht die Bedingung wohl darin, dass sie die Gruppe CH_2 oder bloss CH enthalten. Vielleicht ist aber die Beschränkung beizufügen, dass die letztere Gruppe CH nur dann ernährt, wenn 2 oder mehrere C-atome, an welchen H hängt, unmittelbar mit einander verbunden sind. Es ernährt nämlich einerseits Methylamin (mit 1 C und 3 H), andrerseits Benzoësäure (eine Kette von C-atomen, jedes mit 1 H) sicher, während Ameisensäure, in welcher an 1 C nur H und OH haften und ebenso Methylalkohol nicht assimilirt werden was indessen auch auf Rechnung ihrer antiseptischen Eigenschaften in Verbindung mit der ziemlich schweren Zersetzbarkeit kommen kann. [2])

Dagegen kann der Kohlenstoff nicht assimilirt werden, wenn er unmittelbar nicht mit H, sondern nur mit andern Elementen zusammenhängt, wie dies in der Cyangruppe, ferner beim Harnstoff und der Oxalsäure nebst deren Abkömmlingen (Oxamid) der Fall ist. In diesen Verbindungen sind an C bloss N-, O- und C-atome befestigt.

Es besteht eine grosse Verschiedenheit in der Ernährungstüchtigkeit der verschiedenen Kohlenstoffverbindungen. Vom Standpunkte der morphologischen oder Constitutionschemie aus werden wir wohl annehmen dürfen, dass Verbindungen am leichtesten assimilirt werden, welche bereits

2) Die Ernährungsuntüchtigkeit von Verbindungen wie Chloral, Pikrinsäure, Chinin, Strychnin (Versuch 64) mag theils auf den antiseptischen Eigenschaften der Verbindungen oder der bei der Assimilation freiwerdenden Reste, theils auf dem Umstande beruhen, dass noch nicht die günstigste Zusammensetzung der Nährlösung gefunden wurde.

günstigen Wirkungen der Gärthätigkeit der Pilzzellen und die ungünstigen der Giftigkeit der Verbindungen ausgeschlossen sind:

1. Die Zuckerarten.
2. Mannit; Glycerin; die Kohlenstoffgruppe im Leucin.
3. Weinsäure; Citronensäure; Bernsteinsäure; die Kohlenstoffgruppe im Asparagin.
4. Essigsäure; Aethylalkohol; Chinasäure.
5. Benzoësäure; Salicylsäure; die Kohlenstoffgruppe im Propylamin.
6. Die Kohlenstoffgruppe im Methylamin; Phenol.

Diese Stufenreihe hat nur bedingte Gültigkeit. Es giebt verschiedene Ursachen, welche die Ernährungsversuche mit Pilzen rücksichtlich ihrer Vergleichung unter einander erschweren. Ich werde nachher noch auf dieselben zu sprechen kommen. Bei der vorliegenden Frage tritt ein spezifischer Umstand in den Vordergrund. Die verschiedenen Nährverbindungen können als Kohlenstoffquelle nur dann in strengem Sinne vergleichend geprüft werden, wenn die Stickstoffquelle die nämliche ist, und ebenso als Stickstoffquelle nur dann, wenn die Kohlenstoffquelle sich gleich verhält. Oft aber sind beide verschieden. Wenn z. B. eine Nährlösung weinsaures Ammoniak, die andere Zucker und Methylamin enthält, so ist es zweifelhaft, wie viel jede der stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Verbindungen zu dem Versuchsresultat beigetragen hat. Man kann zwar noch zwei andere Nährlösungen herstellen, von denen die eine Methylamin und Weinsäure mit einer unorganischen Basis, die andere Zucker und Ammoniak mit einer unorganischen Säure enthält. Man hat dann zwei Versuche mit der gleichen Stickstoffquelle und mit ungleichen Kohlenstoffquellen und zwei mit der gleichen Kohlenstoffquelle und mit ungleichen Stickstoffquellen. Eine

strenge Vergleichbarkeit ist aber damit doch nicht erreicht, denn einmal bleibt es fraglich, ob das Ammoniak in Verbindung mit Zucker die nämliche Assimilationsfähigkeit besitze wie mit Weinsäure, und der nämliche Zweifel besteht für die Wirksamkeit jeder der übrigen Verbindungen, — und ferner sind nicht bloss die Stickstoff- und Kohlenstoffquellen in den Versuchen vertauscht, sondern es sind auch die unorganischen Bestandtheile der Nährlösungen verändert worden, weil die Weinsäure und das Ammoniak neutralisirt werden mussten; die Wirksamkeit der organischen Verbindungen kann aber nur verglichen werden, wenn die unorganischen gleich sind. Ueberdem kann man bei Substanzen, die zugleich die Stickstoffquellen und die Kohlenstoffquellen enthalten, besonders wenn die Konstitution, wie bei den Albuminaten, unbekannt ist, auf dem Wege des Versuchs auch nicht annähernd die Wirkung der einen und andern bestimmen.

Es ist daher von wissenschaftlichem Interesse die Assimilationsfähigkeit der vereinigten Stickstoff- und Kohlenstoffquellen zu kennen. Der praktische Nutzen, den die Kenntniss der Ernährungstüchtigkeit ganzer Nährlösungen gewährt, ist ohnehin selbstverständlich. Ich kann hierüber aber nicht viel mehr sagen, als was schon in der Mittheilung vom 3. Mai angegeben wurde. Wenn wir nur die Assimilation ohne Gärthätigkeit und ferner nur diejenigen Stoffe berücksichtigen, welche in grösserer Menge löslich sind, ohne giftig zu wirken, so können wir als eine von den besser zu den schlechter nährenden Substanzen fortschreitende Stufenreihe folgende anführen:

1) Eiweiss (Pepton) und Zucker,
2) Leucin und Zucker,
3) weinsaures Ammoniak oder Salmiak und Zucker,
4) Eiweiss (Pepton),
5) Leucin,

6) weinsaures Ammoniak, bernsteinsaures Amm
Asparagin,

7) essigsaures Ammoniak.

Diese Stufenfolge für die Assimilationsfähigkeit an einer Versuchsreihe mit Schimmelpilzen (Penici gewonnen. Viele andere kleinere Versuchsreihen s mit Schimmelpilzen als mit Spross- und Spaltpilzen sti damit im Allgemeinen überein. Die Vereinigung P und Glycose, in welche Verbindungen Eiweiss und zucker oder Milchzucker zunächst umgewandelt we bildet mit einer nachher zu erörternden Beschränk mag Gärung stattfinden oder nicht, das beste Nährmat So ergab beispielsweise die 1 prozentige Zuckerlösung 1 Proz. Pepton eine 4 mal so grosse Zunahme der Sp hefe als mit 1 Proz. weinsaurem Ammoniak, obgleich die handene Gärthätigkeit ausgleichend wirkte (Versuch Daraus ist es zu erklären, dass Flüssigkeiten aus Pfl und Thieren und Absude von pflanzlichen und thieris Geweben meistens eine so lebhafte Vegetation niederer hervorbringen.

Bemerkenswerth und einigermassen überraschend die ausserordentlich günstige Wirkung der Beigabe

[redacted]

in 34 Tagen 1,5 g Ernte gaben, dagegen 1 Prozent Albumin in 52 Tagen nur 0,86 g Ernte, — wenn ferner 1 Prozent weinsaures Ammoniak, 1 Prozent Weinsäure und 3 Prozent Zucker 2,3 g Ernte, dagegen 1 Prozent Albumin oder 1 Prozent Pepton bloss 0,5 g Ernte lieferten, so hatte jedenfalls der mit der Zuckerzugabe verbundene bedeutend grössere Prozentgehalt der Nährlösung einigen Einfluss auf das grössere Erntegewicht. Es ist aber doch fraglich, ob er dasselbe vollständig zu erklären vermöge und ob nicht ausserdem noch eine spezifische, vorerst nicht zu erklärende günstige Wirkung der Glycose auf die Assimilation anzunehmen sei. Weitere Versuche, die speziell zu diesem Behufe anzustellen sind, müssen darüber Aufschluss geben.

Ich habe bereits auf die Schwierigkeit hingewiesen, auf welche die Vergleichung der Kohlenstoffquellen unter sich oder der Stickstoffquellen unter sich stösst. Diese Schwierigkeit fällt nun allerdings hinweg, wenn man die ganzen Nährlösungen bezüglich ihrer Ernährungstüchtigkeit vergleicht, und man könnte dessnahen meinen, dass eine Reihe richtig angestellter Versuche uns unschwierig darüber Aufschluss geben sollte. Eine genauere Ueberlegung zeigt uns aber, dass, auch wenn alle experimentellen Bedingungen, die in unserer Macht liegen, erfüllt sind, noch mehrere störende Umstände zurückbleiben, die wir nicht beseitigen können.

Zu den Versuchsbedingungen, die sich mit gehöriger Vorsicht herstellen lassen, gehört vor Allem, dass nur gleiche Pilze mit einander verglichen werden, weil verschiedene Gattungen und selbst die nächst verwandten Formen sich ungleich verhalten können. So vermögen Schimmelpilze und gewisse Spaltpilze die Salpetersäure zu assimiliren, andere Spaltpilze und die Pilze der Wein- und Bierhefe dagegen nicht. So wachsen nach den Beobacht-

ungen von Dr. Hans Buchner die Heubacterien in Asparagin- und Leucinlösungen, indess die von denselben abstammenden (also nur varietätlich von denselben verschiedenen) Milzbrandbacterien nicht durch Asparagin und Leucin und überhaupt nur durch Eiweiss und Eiweisspeptone ernährt werden.

Bei vielen Versuchen ist eine strenge Reinkultur nicht erforderlich; es genügt, dass eine Pilzform in weit überwiegender Menge sich entwickele. Will man eine Schimmelvegetation mit Ausschluss der Spaltpilze erhalten, so muss die Nährlösung hinreichend sauer gemacht werden, wozu in Flüssigkeiten mit Ammoniaksalzen oder mit wenig Zucker, mit wenig Eiweiss etc. 0,5 Prozent Phosphorsäure und weniger genügen, in reicheren Nährflüssigkeiten dagegen bis 1 Prozent erforderlich ist. Sollen aber nur Spaltpilze wachsen und die Schimmelpilze ausgeschlossen werden, so reicht die neutrale Reaction dazu in der Regel hin; nöthigenfalls kann sie schwach alkalisch gemacht werden. Dabei ist noch zu bemerken, dass die Sprosspilze sich im Allgemeinen verhalten wie die Schimmelpilze und sehr häufig zugleich mit denselben auftreten, dass sie aber wegen ihrer viel geringeren Menge das Resultat meistens nicht stören.

Soll bei einer Versuchsreihe nur eine einzige bestimmte Pilzform wachsen, so dürfen in hinreichend ausgekochte pilzfreie Nährflüssigkeiten bloss Keime dieser Form gebracht werden. Um dies zu bewerkstelligen, bedarf es besonderer Vorsichtsmassregeln, die bis jetzt von den Beobachtern fast ausnahmslos vernachlässigt oder wenigstens nicht in vollkommen befriedigender Weise angewendet wurden.

Um eine ausschliessliche Schimmelvegetation zu erhalten, genügt es nicht, Schimmelsporen in das pilzfreie Glas einzutragen, denn mit denselben kommen immer auch Spaltpilze und zuweilen selbst Sprosspilze hinein. Ueber-

haupt ist es äusserst schwer, die winzigen Spaltpilze auszuschliessen, und es giebt wohl kaum ein anderes sicheres Mittel als folgendes, welches ich früher (1868) mehrfach anwendete, um zu zeigen, dass aus Schimmelpilzen sich weder Spaltpilze noch Saccharomyces entwickeln. Ein mit Blase zugebundenes Glas, welches die Nährflüssigkeit enthält, wird durch Erhitzen auf 120° C pilzfrei gemacht, die Blase dann mit Schimmelsporen bestreut und nur so lange durch Bedeckung mit einer Glasglocke feucht gehalten, bis die Schimmelfäden durch die Blase hindurch und längs der Glaswandung in die Flüssigkeit hinunter gewachsen sind. Statt der Blase kann auch ein Baumwollpfropf als Verschluss dienen. Auf diese Weise erhält man eine reine Schimmelvegetation ohne eine Spur von Spaltpilzen oder Saccharomyceszellen. — Mehrere in dieser Weise behandelte Gläser blieben 5 Jahre lang stehen, bis die Flüssigkeit vertrocknet war. Sie enthielten keine andern Organismen als Schimmelpilze. Andere Gläser, die schimmelfrei eintrockneten, waren ebenfalls nach 5 Jahren ganz frei von Pilzen und enthielten die unveränderten Nährstoffe.

Wenn eine bestimmte Art von mikroskopischen Pilzen ausschliesslich kultivirt werden soll, so lässt sich dies nur selten dadurch erreichen, dass man alle übrigen Formen bis auf die eine tödtet, z. B. durch Hitze. Gewöhnlich muss man auf einem andern Wege zu einer Reinkultur zu gelangen suchen und dann aus dieser die zu prüfenden Nährlösungen infiziren. Ich habe mir in den Jahren 1870 und 1871, theils um den Nichtübergang von Saccharomyces in Spaltpilze und umgekehrt darzuthun, theils um bei kleineren Versuchen mit Luftabschluss bloss eine einzige Pilzform zu haben, Reinkulturen auf zweierlei Art verschafft, und ich kenne auch jetzt noch kein anderes Mittel, um sie sicher zu erhalten.

Das eine Verfahren beruht auf der Thatsache, dass

die Gärthätigkeit eines Pilzes sein eigenes Wachsthum se- befördert, dagegen die Ernährung und die Vermehrung der übrigen Pilze benachtheiligt. Mit Benützung dieser Thatsache kann man im Laufe einiger auf einander folgenden Züchtungen durch Verdrängung der Mitbewerber leicht er- vollkommen reine Sprosshefe, weniger leicht einige rein- Spaltpilzformen erlangen. Ich verweise hierüber auf das in der „Theorie der Gärung" Gesagte. [3])

Das andere Verfahren besteht darin, in eine pilzfreie Nährlösung womöglich einen einzigen Pilzkeim zu bringen, sodass die erwachsende Pilzvegetation bloss aus den Nachkommen desselben besteht. Zu diesem Zweck muss eine pilzführende Flüssigkeit, welche die gewollte Form in überwiegender Menge enthält, durch Wasser auf eine hinreichende Verdünnung gebracht werden. Das Verfahren wird am besten durch die Mittheilung eines bestimmten Versuches (1871) deutlich werden. Aus faulem Harn, in welchem sich ausser Micrococcus auch Stäbchen (Bacterien) befanden, sollte ersterer rein erhalten werden. Ein Tropfen, welcher etwa 0,03 ccm fasste und etwa 500000 Pilze enthielt, wurde in 30 ccm pilzfreies Wasser gegeben. Aus dieser 1000fach verdünnten Flüssigkeit wurde, nachdem sie durch Schütteln wohl gemischt war, abermals ein Tropfen in 30 ccm Wasser eingetragen und somit eine millionfache Verdünnung hergestellt, in welcher je der zweite Tropfen (von 0,03 ccm) durchschnittlich einen Pilz enthalten musste. Von 10 pilzfreien Gläsern, von denen jedes mit einem Tropfen infizirt wurde, blieben 4 ohne Vegetation, in einem bildeten sich Bacterien und in 5 die gewünschten Micrococcuszellen.

---

3) Abhandl. d. k. b. A. d. W. II. Cl. XIII. Bd. II. Abth. 140 (66). Sep.-Ausg. 76.

Eine zweite Bedingung für vergleichbare Versuche ist e, dass jede Gärthätigkeit ausgeschlossen sei. Da diese as Wachsthum so ausserordentlich befördert, so wird die ergleichung der Assimilationsfähigkeit zweier Nährsubanzen, von denen die eine gärfähig ist, die andere nicht, nmöglich. Wenn man Schimmelpilze einerseits mit Zucker und anderseits mit Glycerin ernährt, so erhält man Reultate, welche genau dem Nährwerth der beiden Verbindungen entsprechen. Bringt man dagegen Sprosspilze (Saccharomyces) in die nämlichen zwei Nährlösungen, so wachsen dieselben in der Zuckerlösung unvergleichlich viel besser, weil sie darin Gärung verursachen. Das Glycerin ernährt sie nach dem seiner Constitution zukommenden Werthe, der Zucker dagegen ernährt sie nicht bloss nach Massgabe seiner Constitution, sondern überdem noch vermöge der Spannkraft, welche bei der Gärung frei und auf das lebende Plasma übertragen wird. — Die Spaltpilze können verschiedene Gärungen bewirken und sie schöpfen aus jeder derselben eine andere Kraftmenge. Man hat sich daher bei vergleichenden Ernährungsversuchen, die manmit Spross- und mit Spaltpilzen anstellt, immer die Frage vorzulegen, ob bei dem einen oder andern Versuch Gärung stattgefunden und um wie viel dieselbe wohl das Wachsthum begünstigt habe.

Zu den Umständen, welche bei Ernährungsversuchen mit verschiedenen Verbindungen nicht gleich gemacht werden können und daher störend sind, gehört die spezifische Wirkung, welche die Verbindungen, abgesehen von ihrer Assimilationsfähigkeit, auf die lebende Zelle ausüben. Ich habe bereits oben bei einer verwandten Frage von dieser Wirkung gesprochen. Sie besteht darin, dass jede Verbindung bei einer gewissen Concentration der Lösung die Lebensenergie herunterstimmt. Diese schädliche Concentration ist für jede Verbindung eine andere; für jede

Verbindung ist daher auch das Optimum der Concentration, bei welcher sie einen bestimmten Pilz am besten ernährt, ein anderes. Da nun bei vergleichenden Versuchen die Flüssigkeiten äquivalente Mengen von Nährstoffen enthalten müssen, so sind die Lösungen ungleich weit von ihrem Optimum entfernt, und man läuft überdem Gefahr, dass die eine oder andere Lösung einen geradezu schädlichen Concentrationsgrad erreicht habe. Es kann dieser Punkt nicht genug berücksichtigt werden, wenn man die Beziehung zwischen chemischer Constitution und Assimilationsfähigkeit beurtheilen will. Giebt es doch Verbindungen, welche an und für sich gut ernähren würden, wenn nicht ihre giftigen Eigenschaften sie schon in sehr verdünnter Lösung dazu untauglich machten.

Ein zweiter Umstand, welcher die Vergleichung der Versuche beeinträchtigt und nicht beseitigt werden kann, ist die ungleiche Fähigkeit der Nährverbindungen zu diosmiren. Derselbe macht sich besonders fühlbar beim Zusammenhalte der Albuminate und der ihnen nahestehenden Stoffe mit den krystallisirenden Nährsubstanzen. Die Pilzzellen müssen die Albuminate, um sie aufnehmen zu können, zuerst in eine diosmirende Form umwandeln. Von Peptonen giebt es bekanntlich verschiedene Modificationen, solche die den Albuminaten näher stehen und weniger gut diosmiren, und solche, die mehr verändert sind und besser durch Membranen hindurch gehen. Die Pilze müssen daher auch, wenn sie mit schwer diosmirenden Peptonen ernährt werden, zuerst durch ein ausgeschiedenes Ferment die Peptonisirung vollenden.

Dieser Process verläuft nicht nur bei verschiedenen Pilzen ungleich rasch, indem die meisten Spaltpilze sehr energisch, die Schimmelpilze weniger gut und die Sprosspilze fast gar nicht zu peptonisiren vermögen. Sondern es übt auch die Beschaffenheit der Nährlösung, namentlich

ie Reaction derselben einen entscheidenden Einfluss aus. Viele Spaltpilze peptonisiren das Eiweiss in neutralen und n ziemlich stark alkalischen Lösungen sehr gut; die Schimmelpilze peptonisiren es noch in schwach sauren Flüssigkeiten, z. B. in ½ proz. Phosphorsäurelösung ziemlich rasch, dagegen sehr langsam in 1 proz. Phosphorsäurelösung.

Wenn es sich also um Vergleichung von Albuminaten mit anderen Nährsubstanzen handelt, so ist zu berücksichtigen, welche Wahrscheinlichkeit der Peptonisirung unter den vorliegenden Umständen gegeben sei, und wenn Peptone verglichen werden sollen, so ist die Frage, welche Beschaffenheit und besonders welche Fähigkeit zu diosmiren dieselben schon besitzen und ob sie von den Pilzzellen noch verändert werden müssen. Man darf nicht etwa sagen, die Albuminate seien, weil sie von den Zellen nicht aufgenommen werden, überhaupt ernährungsuntüchtig. Dies trifft allerdings für gewisse Pilze und gewisse Umstände zu, während für andere Pilze und andere Umstände die Eiweissstoffe zu den allerbesten Nährsubstanzen gehören.

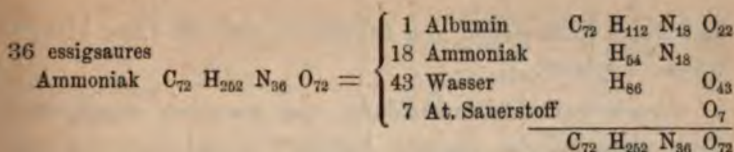
Andere störende Umstände sind die ungleiche Löslichkeit der Verbindungen und die damit zusammenhängende ungleiche Anziehung zu Wasser, — ferner ihre ungleiche Oxydationsfähigkeit, die bei Pilzkulturen eine so wichtige Rolle spielt, — ihr ungleiches Verhalten zur Temperatur, indem für jede Verbindung und einen bestimmten Pilz ein anderer Wärmegrad als Optimum erscheint, — dann der Luftzutritt, welcher bezüglich seiner grösseren oder geringeren Ausgiebigkeit einen so entscheidenden Einfluss auf das Wachsthum der Pilze ausübt und der doch mit Sicherheit fast nie in ganz gleicher Weise hergestellt werden kann. Ich will nicht näher auf diese Umstände eintreten. In manchen Fällen sind sie ohne Bedeutung; in andern aber können

sie das Kulturergebniss wesentlich beeinflussen, weshalb sie nie ausser Acht gelassen werden dürfen.[4])

Endlich giebt es einen Umstand, der bei allen Ernährungsversuchen mitspielt und jedes Mal das Resultat in eigenthümlicher, nicht genau zu schätzender Weise mitbedingt. Er besteht darin, dass die Nährlösung durch die Pilzvegetation verändert wird, wodurch sie für die nämlichen oder für andere Pilze bald günstiger bald ungünstiger ausfällt. Wie schon längst bekannt ist, hört bei der Milchsäuregärung das Wachsthum der Spaltpilze nach einiger Zeit auf, wenn nicht die Säure durch Kalk neutralisirt wird. In diesem Falle haben wir es zwar mit einer Gärwirkung zu thun, welche die Flüssigkeit immer saurer und für das Gedeihen der Spaltpilze schädlicher macht. Aber die Ernährung selbst, wenn auch alle Gärwirkung mangelt, führt ebenfalls, zwar langsamere, doch oft sehr bemerkenswerthe Modificationen herbei. Besteht die Nährsubstanz z. B. in essigsaurem Ammoniak, so wird die Flüssigkeit durch kohlensaures Ammoniak alkalisch, indem schon bei der blossen Eiweissbildung auf 6 Molecüle essigsaures Ammoniak, ohne Berücksichtigung der Oxydation, 3 Ammoniak frei werden. Der Vorgang bei dieser Assimilation wird durch folgende Gleichung deutlich:

---

4) Was den Luftzutritt betrifft, so muss wenigstens als Bedingung festgehalten werden, dass die Pilze der zu vergleichenden Kulturen sämmtlich entweder an der Oberfläche der Nährlösungen oder untergetaucht in denselben leben. Viele Pilze (Schimmel-, Spross- oder Spaltpilze) können entweder als Decke auf der Flüssigkeit oder als Flocken in derselben wachsen, und zwar lässt sich, wenn die Gärthätigkeit ausgeschlossen ist, der eine oder andere Zustand beliebig hervorbringen, indem die Deckenbildung dem lebhafteren, die Bildung untergetauchter Flocken dem trägeren Wachsthum entspricht. Man kann beispielsweise einen deckenbildenden Pilz in einen untergetauchten verwandeln, indem man ihn in eine verdünntere Nährlösung oder in die nämliche Nährlösung, die eine antiseptische Verbindung enthält, umzüchtet.



$$\begin{array}{l} \text{36 essigsaures} \\ \text{Ammoniak } C_{72}\,H_{252}\,N_{36}\,O_{72} \end{array} = \left\{\begin{array}{lllll} \text{1 Albumin} & C_{72} & H_{112} & N_{18} & O_{22} \\ \text{18 Ammoniak} & & H_{54} & N_{18} & \\ \text{43 Wasser} & & H_{86} & & O_{43} \\ \text{7 At. Sauerstoff} & & & & O_{7} \\ \hline & C_{72} & H_{252} & N_{36} & O_{72} \end{array}\right.$$

Das essigsaure Ammoniak ernährt nicht, wenn nicht die Luft zutritt und reichliche Oxydation veranlasst. Es dient somit nicht bloss der bei der Assimilation freiwerdende Sauerstoff, sondern auch noch eine gewisse Menge von aus der Luft aufgenommenem Sauerstoff zur Verbrennung von Essigsäure, so dass bedeutend mehr als die Hälfte des in dem Nährsalz enthaltenen Ammoniaks frei werden muss, damit sich Albuminate bilden.

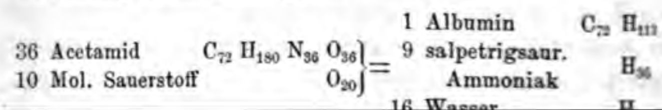
Die Pilzzelle erzeugt ferner nicht bloss Eiweissstoffe, sondern auch Kohlenhydrate und Fett. Berechnen wir die stickstofflosen Verbindungen als eine mit den Albuminaten gleichgrosse Cellulosemenge, so müssen bei der Entstehung der Pilzzellen, ohne die Oxydation durch den freien Sauerstoff zu berücksichtigen, von je 7 Ammoniumgruppen des essigsauren Ammoniaks 5 als Ammoniak frei werden. — Bei der Assimilation von neutralem weinsaurem Ammoniak kann auf je 6 Ammoniumgruppen nur 1 verwendet werden; 5 gehen als Ammoniak in die Flüssigkeit.

Der nämliche Process wie der eben erörterte findet immer statt, wenn man das Ammoniaksalz einer organischen Säure als Nahrung verwendet. Die Nährlösung wird alkalisch und zuerst für Schimmel- und Sprosspilze, nachher auch für Spaltpilze ungünstiger. Enthält die angewendete Flüssigkeit freie Säure, so wird sie nach und nach neutral und dann alkalisch; die Schimmel- und Sprosspilze, die anfänglich begünstigt waren, werden nachher von den Spaltpilzen verdrängt. Ist eine Nährlösung so sehr alkalisch geworden, dass alles Pilzwachsthum darin aufhört, so vermindert sich bei längerem Stehen die alkalische Beschaffen-

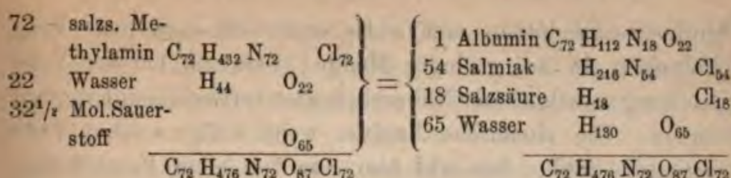
heit durch Entweichen von Ammoniak und die Pilze wieder wachsen.

Auch bei der Anwendung von manchen orga Verbindungen, die zugleich Kohlenstoff und Stickst halten (wie Asparagin, Kreatin, Harnsäure etc.), w Nährflüssigkeit bei der Assimilation durch Freiwerd Ammoniak alkalisch. Doch kann, da die Pilze ein gr oder geringeres Oxydationsvermögen besitzen, unte ständen der Fall eintreten, dass ein Theil des entste Ammoniaks zu Salpetersäure oder salpetriger Säure wird, welche sich mit dem übrigen Ammoniak verbi

Dieser Vorgang fand bei dem später unter Nr. wähnten Versuch statt. Die aus Acetamid best Nährlösung behielt während der Pilzbildung ihre schwach saure Reaction und es bildete sich unter stoffaufnahme viel salpetrigsaures Ammoniak, wo wenn wir bloss die Albuminbildung berücksichtigen, fo Gleichung Aufschluss geben kann.



			1 Albumin	C_{72} H_{112}
36 Acetamid	$C_{72}\,H_{180}\,N_{36}\,O_{36}$	=	9 salpetrigsaur. Ammoniak	H_{36}
10 Mol. Sauerstoff	O_{20}			



72	salzs. Methylamin	$C_{72}\,H_{432}\,N_{72}\,Cl_{72}$	1 Albumin	$C_{72}\,H_{112}\,N_{18}\,O_{22}$
22	Wasser	$H_{44}\,O_{22}$	54 Salmiak	$H_{216}\,N_{54}\,Cl_{54}$
$32^1/_2$	Mol. Sauerstoff	O_{65}	18 Salzsäure	$H_{18}\,Cl_{18}$
			65 Wasser	$H_{130}\,O_{65}$
		$C_{72}\,H_{476}\,N_{72}\,O_{87}\,Cl_{72}$ =		$C_{72}\,H_{476}\,N_{72}\,O_{87}\,Cl_{72}$

Noch grössere Mengen von Salmiak und Salzsäure als bei der Bildung von Albumin müssen entstehen, wenn gleichgrosse Gewichtsmengen von stickstofffreien Verbindungen assimilirt werden. — Die geringe Menge der in der Lösung zuletzt vorgefundenen freien Salzsäure mag theils dadurch erklärt werden, dass während der langen Versuchsdauer ein Theil der Salzsäure durch Verdunstung fortging, theils dadurch, dass ein Theil derselbenn sich mit Zersetzungsprodukten der Pilzsubstanz verbunden hatte.

Eine Nährlösung, welche Harnstoff und Aethylalkohol enthielt (Versuch 34), wurde im Brütkasten (36° C) mit der Bildung von Spaltpilzen sauer, indem diese einen Theil des Alkohols zu Essigsäure oxydirten. Die nämliche Nährflüssigkeit wurde bei Zimmertemperatur ebenfalls mit Erzeugung von Spaltpilzen schwach alkalisch, indem hier die Essigbildung entweder mangelte, oder wenigstens nicht ausreichte, um das aus dem Harnstoff gebildete kohlensaure Ammoniak zu neutralisiren. Die saure Reaction beim ersten Versuch war die Ursache, warum sich nur eine mässige Spaltpilzvegetation entwickelte und nach 14 Tagen durch reichliche Schimmelpilze abgelöst wurde, während beim zweiten Versuch die Spaltpilze sich stark vermehrten und die Schimmelpilze auch nach 6 Wochen noch ausblieben.

Wenn, wie dies in den soeben angeführten Beispielen der Fall war, die neuen Verbindungen bei der Assimilation in grösserer Menge entstehen, so haben dieselben auf die Vegetation der Pilze und auf die Ernte einen merklichen

Einfluss. Es bilden sich aber ausserdem auch neu
bindungen in so geringer Menge, dass sie bei de
gleichung verschiedener Nährsubstanzen vernachlässigt
können. Die chemische Analyse weist einige solche
bindungen nach. Ich will hier nur von einer Ersch
sprechen, die zwar schon beobachtet wurde, aber nic
richtige Beurtheilung gefunden hat; es ist die B
eines gelösten Farbstoffes von gelbgrünem bis blaug
Ton bei der Kultur von Spaltpilzen.

Diese Färbung der Nährflüssigkeit wurde bei
Menge unserer Kulturen beobachtet, vorzüglich wen
Ammoniaksalz oder eine andere einfach zusammeng
Nährsubstanz (z. B. Harnstoff mit Weingeist oder Aspa
zur Anwendung kam. Dass das Wasser selbst gefärbt
ergab sich deutlich in denjenigen Fällen, wo es die u
änderte Farbe behielt, während die Pilze sich als far
Niederschlag absetzten. Wie es scheint, tritt die Fä
nur bei alkalischer Reaction auf, wobei die Flüssigkeit
Ammoniak riecht. Sie ist ferner Folge einer Oxyd
Denn sie beginnt an der Oberfläche und schreitet
unten hin fort; — man beobachtet dies indess nur,
keine Bewegung (auch nicht von schwärmenden Spaltp
[redacted]

grün, diejenige mit Asparagin (Versuch 21) hellgrün, diejenige mit Harnstoff und Weingeist (Versuch 34, das Glas in Zimmertemperatur) starkgrün und fluorescirend.[5])

Eine grosse Zahl von vergleichenden Beobachtungen über die Ernährung des Bierhefenpilzes war schon 1869 von A. Mayer (Untersuchungen über die alkoholische Gärung) angestellt worden. Derselbe kam aber in dieser ersten Arbeit zu einem Resultat, welches im Gegensatze zu den oben ausgesprochenen Regeln steht. Es sollten nämlich in einer Zuckerlösung „diejenigen stickstoffhaltigen organischen Körper, die die complizirteste Zusammensetzung haben und verhältnissmässig sauerstoffarm sind" (nämlich die Albuminate) fast gar nicht ernähren, „diejenigen stickstoffhaltigen organischen Körper, die verhältnissmässig hoch oxydirt sind und den Ammoniakverbindungen näher stehen", sollten

---

5) Die besprochene Erscheinung ist ganz anderer Natur als die bekannten (namentlich rothen) Färbungen, welche die Spaltpilze selbst zuweilen zeigen, und daher nicht mit denselben zu vermengen. Auch ist die Entstehung sowohl der einen als der andern Färbung nicht ein Speciesmerkmal, wie Schroeter und Cohn irrthümlich angenommen haben, und beschränkt sich gleichfalls nicht auf Micrococcus-Formen.

Was den gelösten Farbstoff von grünlichem Ton betrifft, so entsteht derselbe erst nachträglich durch Oxydation aus einer noch unbekannten, bei der Assimilation frei werdenden farblosen Verbindung. — Was die Färbung der Spaltpilze selbst betrifft, so hat dieselbe ohne allen Zweifel ihren Sitz in den weichen Zellmembranen, und ist eine analoge Erscheinung wie die Färbung der Zellhäute vieler Nostochinen, die mit den Spaltpilzen in so naher morphologischer Beziehung stehen. Dass sie nicht zur spezifischen Unterscheidung benutzt werden darf, geht deutlich aus Kulturversuchen hervor. Ein Spirillum, welches intensiv rothe Decken auf Sumpfwasser bildete, gab bei der Kultur in verschiedenen Nährflüssigkeiten nur selten wieder roth gefärbte Spirillen; meistens wurden die Pilze farblos und verloren mehr oder weniger ihre schraubenförmige Gestalt, indem sie sich zu schwach gebogenen oder auch ganz geraden Stäbchen streckten.

stickstoffhaltigen Verbindung vo
mögen, durch Membranen zu dios
zu den bestnährenden auch Pep
Stoffe zu zählen seien.

Die Untersuchungsmethode w
fläschchen wurden mit 20 ccm N
Spur Bierhefe zugesetzt, aus den
wichene Kohlensäure Tag für Ta
auf die Intensität der Gärung,
Wachsthum der Hefe geschlossen
sichtspunkte sind die getroffenen
als ausreichend zu betrachten, -
die aus den zahlreichen Versuchen
der Assimilationsfähigkeit der stickst
sondern auch rücksichtlich der V
stoffe (Aschenbestandtheile) gezog
falls nicht zu beanstanden, wen
Voraussetzung zuträfe, dass in d
ungen wenigstens in ganz überwie
morphologischen und physiologis
Bildung von Alkoholhefe und geist
haben. Diese Voraussetzung kon
suche angestellt wurden, nach d
war, von dem Chemiker unbedenk
hat sich aber durch die seitherige

unrein ist aber die Presshefe; in derselben befinden sich nicht nur grosse Mengen von Spaltpilzen, sondern auch Schimmelsporen (besonders von Penicillium) und wohl auch Sprosshefezellen, die keine oder nur geringe Gärung verursachen. A. Mayer verwendete zu seinen Versuchen Presshefe, wie unzweifelhaft daraus sich ergiebt, dass es „käufliche Hefe“ war, in welcher „immer Stärkmehl gefunden“ wurde. Durch Schlämmen lassen sich wohl die Stärkekörner, nicht aber die anderen Pilze und Pilzkeime entfernen, da diese nahezu das gleiche spezifische Gewicht besitzen wie die Sprosshefezellen. Wenn man Presshefe zur Aussaat benutzt, so säet man nach den verschiedenen Proben, die ich davon untersucht habe, zwar ein viel grösseres Gewicht von Sprosspilzen, aber häufig eine gleiche oder grössere Individuenzahl von Spaltpilzen aus. Wären aber auch die Sprosspilze in stark überwiegender Anzahl vorhanden, so wäre dadurch bloss bei Aussaat von beträchtlichen Mengen ihre fast ausschliessliche Vermehrung gesichert, wie ich anderswo nachgewiesen habe (Theorie der Gärung).

Werden bloss Spuren in die pilzfreie Nährflüssigkeit ausgesäet, wie dies bei den fraglichen Versuchen der Fall war, so entscheidet nicht mehr die relative Menge, in welcher ein Pilz in dieser Spur enthalten ist, darüber, ob er gegenüber den andern Pilzen sich zu behaupten vermöge. Sondern es hängt nun von der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit, von der Temperatur, von dem Zutritte der Luft und von anderen noch unbekannten Ursachen ab, welche Pilze zur Entwickelung gelangen und die anderen mehr oder weniger verdrängen. Bei sehr zahlreichen Versuchen, welche ich vor Jahren mit verschiedenen neutralen Nährlösungen bei Aussaat kleiner Mengen von Bierhefe anstellte, erhielt ich fast nie eine nur einigermassen reine Vegetation derselben, sondern damit gemengt geringere oder grössere Mengen von Spaltpilzen mit Milchsäure- und Buttersäure-

gärung oder Schleimbildung oder Mannitbildung; oft wurde die Bierhefe durch die Spaltpilze ganz verdrän

In den Fläschchen von A. Mayer musste das Näm eintreten; — und dass es wirklich der Fall gewesen geht auch aus den beiläufigen Bemerkungen über die achteten Organismen hervor (eine genaue und erschöp mikroskopische Untersuchung der Ernten, um die schiedenen Pilze und ihre relativen Mengen festzust wurde nicht vorgenommen). In manchen Fällen w nämlich eine schleimige Haut an der Oberfläche, Zweifel aus Spaltpilzen bestehend, in andern „Mycod vini", in noch andern Schimmelpilze, selbst fructifizi wahrgenommen.

Alle Pilze entwickeln Kohlensäure; bei Gärungen d Spaltpilze (Mannit-, Milchsäure-, Buttersäurebildung) dieselbe in grösseren Mengen entwickelt. Nach den neu Beobachtungen ist es auch ausser Zweifel gestellt, dass kohol durch Spaltpilze gebildet wird. Die entweich Kohlensäure und der in der Flüssigkeit vorgefundene kohol kann also in keinem Falle, wie es von A. Ma versucht wurde, als Massstab für das Wachsthum der Spr hefe benützt werden. Dass Milchsäuregärung in manc

wickelung nebst Alkoholbildung ist aber nicht bloss ungeeignet, über die Ernährung der Sprosshefe Auskunft zu geben. Sie kann auch nicht als Anhalt für die Ernährung der Pilze überhaupt dienen. Es wäre selbst möglich, dass ein Versuch mit den besten Nährsubstanzen die grösste Menge von Pilzsubstanz, aber die geringste Menge von Kohlensäure und Alkohol erzeugte.

Ein anderer ebenso schwer wiegender Grund, warum Versuche wie die in Frage stehenden als unbrauchbar zu erklären sind, besteht in dem mit denselben nothwendig verbundenen ungleichen Zutritt von Sauerstoff. Das Gedeihen der verschiedenen Pilze ist wesentlich von dem Grade der Oxydation abhängig, welche der Genuss des freien Sauerstoffs ihnen gestattet. Jeder Pilz zeigt in der nämlichen Nährflüssigkeit bei vollständigem Abschluss der Luft das geringste Wachsthum (resp. vollständigen Mangel an Wachsthum), und mit der allmäligen Zunahme des Luftzutrittes ein stetig zunehmendes Wachsthum. Die erste Regel für alle vergleichenden Untersuchungen über Ernährung der Pilze verlangt daher für alle eine gleichgrosse Betheiligung des freien Sauerstoffs. Diess kann dadurch geschehen, dass man denselben ganz ausschliesst, oder dadurch, dass man in offenen flachen Gefässen von gleicher Form ungehinderten Luftzutritt gestattet, oder endlich dadurch, dass man gleich grosse Mengen von Luft in Blasen von gleicher Grösse und in gleicher Zeit durch die sonst abgeschlossene Flüssigkeit durchstreichen lässt. Die Versuche von A. Mayer waren aber so angestellt, dass der Luftzutritt ganz ungleich ausfallen musste. An den Fläschchen befanden sich nämlich luftdicht befestigte Chlorcalciumröhrchen, die am Ende mit einem Kautschukventil verschlossen waren. Bei hinreichender Kohlensäureentwickelung konnte kein Sauerstoff eintreten; bei sehr schwacher oder mangelnder Kohlensäurebildung dagegen

drang Sauerstoff ein, wie dies deutlich aus dem Umst hervorgeht, dass in manchen Fläschchen schon nach wen Tagen eine Gewichtszunahme, bei einigen abwechselnd nahme und Abnahme, in einzelnen Fällen selbst ein ra Zunahme des Gewichtes beobachtet wurde. Es ist mögl dass die Sauerstoffaufnahme nur in ganz wenigen Fäl vielleicht auch in keinem einzigen vollständig gemang hat. Immerhin kann die jeden Tag beobachtete Gewic veränderung nur als die Differenz der entwichenen Kohl säure und des eingedrungenen Sauerstoffs gelten. Sie daher theils aus diesem Grunde, theils desswegen, weil in ungleicher Menge aufgenommene Sauerstoff die Ve tation in ungleichem Grade beeinflusste, kein Mass für Assimilationsfähigkeit der Nährflüssigkeit.

Nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft giebt wie ich glaube, keine andere auch nur einigermassen nügende Methode für die vergleichende Untersuchung Ernährungstüchtigkeit verschiedener Nährstoffe, als Glei haltung aller äusseren Umstände (namentlich auch Luftzutrittes), Sicherstellung, dass die nämlichen Pilzve tationen in den verschiedenen Versuchen auftreten, u quantitative Bestimmung des Ernteergebnisses, wenigst

[redacted]

ganischen Säure oder mit Phosphorsäure stark angesäuert. Für Kontrollversuche dienten immer die nämlichen Nährlösungen mit Ausschluss der zu prüfenden organischen Verbindung oder der Asche. Die Versuche beschränkten sich meistens darauf, fest zu stellen, ob eine Lösung ernähre oder nicht.

Ich führe einige der 1868/9 angestellten Versuche an. Die Nährflüssigkeit betrug jedes Mal 300 ccm.

1. Phosphorsaures Ammoniak 0,2 Proz., Citronensäure 1,4 Proz. — Sehr reichliche Schimmel- und Sprosspilze.

1,b. Der Kontrollversuch, in welchem nur das phosphorsaure Ammoniak fehlte, gab beide Pilze sehr spärlich; ebenso der andere Kontrollversuch (1,c), in welchem bloss die Citronensäure mangelte.

2. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz. — Anfänglich kleine Schimmelrasen an der Oberfläche. Dann zahllose Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend und eine Decke bildend.

2,b. Der Kontrollversuch, in welchem das essigsaure Ammoniak weggelassen war, gab nur ein äusserst dünnes Häutchen aus winzigen Spaltpilzen (Micrococcus) und spärlichen Monaden bestehend.

2,c. Der Kontrollversuch, in welchem bloss die Asche weggelassen war, gab einige untergetauchte Schimmelrasen, dann eine sehr dünne Schimmeldecke (Mucor).

3. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz.; mit Phosphorsäure angesäuert, also von Nr. 2 durch die saure Reaction unterschieden. — Ziemlich reichliche Schimmel- und Sprosspilze. Später, als die Reaction neutral und alkalisch wurde, Spaltpilze, eine dünne Decke bildend und die Flüssigkeit trübend.

4. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz., Essigsäure 1 Proz. — Nach einiger Zeit starke Schimmeldecke.

5. Salpetersaures Kali 0,4 Proz., essigsaures
1 Proz. — Ziemlich reichliche Spaltpilze, die Flü
trübend und eine dünne Decke bildend.

6. Salpetersaures Kali 0,4 Proz., essigsaures
1 Proz., Essigsäure 1 Proz. — Nach längerer Zeit
Schimmeldecke.

7. Phosphorsaures Ammoniak 0,23 Proz.,
Rohrzucker des Handels (derselbe enthielt 0,06 Proz
stoff) 10 Proz. — Reichliche Spaltpilze, die Flü
stark trübend und eine dünne Decke bildend, in
ziemlich viele Monaden sich befanden. Dann trat zi
Gasentwicklung auf; die Flüssigkeit wurde sauer
säure) und es bildete sich eine dünne Schimmeldecke

8. Phosphorsaures Ammoniak 0,23 Proz., reinster
zucker 10 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,1 Proz., als
Nr. 7 nur durch die saure Reaction unterschieden.
die Flüssigkeit nicht sauer genug war (es wurden
Schimmelpilzen auch ziemlich zahlreiche Spaltpilze
achtet), so wurde nach einigen Tagen noch einm
gleiche Menge Phosphorsäure zugesetzt, worauf die
pilze verschwanden und eine starke Schimmeldecke sic
stellte.

[redacted]

10. Salpetersaures Kali 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 10 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,13 Proz., also von Nr. 9 nur durch die saure Reaction verschieden. — Sehr starke Schimmeldecke. — Nach zwei Jahren waren die Schimmelpilze abgestorben, die 30 g Zucker vollständig verschwunden, grösstentheils durch Oxydation. Das Destillat enthielt geringe Mengen Weingeist, ein Beweis, dass sich auch etwas Sprosshefe gebildet hatte. Das Trockengewicht der Ernte betrug 3,7 g; darin befanden sich wenigstens 0,045 g Stickstoff, entsprechend 0,281 g Albumin, während die 30 g Kolonialzucker 0,018 g Stickstoff (0,06 Proz.) enthalten hatten. In Aether lösten sich 29,1 Proz. der Trockensubstanz, welche grösstentheils Fett sein mussten.

10,b. Bei einem Kontrollversuch zu Nr. 7, 8, 9 und 10, in welchem sich 10 Proz. des nämlichen Zuckers nebst Asche befanden, also die Stickstoffquellen (Ammoniak oder Salpetersäure) mangelten und in welchem die Flüssigkeit neutral war, trat ein sehr dünnes Häutchen von Spaltpilzen mit zahlreichen Monaden und, nachdem die Flüssigkeit sauer geworden, etwas Schimmelbildung auf. — Nach zwei Jahren ergab die zugleich mit Nr. 9 und 10 vorgenommene Untersuchung nur geringe Abnahme des Zuckergehaltes und bloss 0,070 g Trockensubstanz, also $^1/_{22}$ der Ernte des Versuches Nr. 9, welcher salpetersaures Kali enthielt.

10,c. Ein Kontrollversuch zu Nr. 7, bei welchem die Asche weggelassen wurde, der also in neutraler Flüssigkeit phosphorsaures Ammoniak und Zucker enthielt, lieferte zwar eine deutlich geringere Ernte als Nr. 7, aber zugleich eine deutlich beträchtlichere Ernte als der vorhin angeführte Kontrollversuch, bei welchem sich die Aschenbestandtheile, aber keine Stickstoffverbindungen befanden, so dass es scheinen könnte, als ob unter Umständen der Stickstoff die Mineralstoffe zu vertreten vermöge, was ja auch schon

behauptet wurde, aber um mit Grund angenommen werden, doch noch weiterer genauer Untersuchungen dürfte.

10,d. Ein Kontrollversuch zu Nr. 7, 8, 9, 10, welchem sowohl die Stickstoffquellen (Ammoniak oder Salpetersäure) als die Aschenbestandtheile mangelten, der nur Zucker enthielt, ergab eine äusserst schwache Vegetation zuerst von Spaltpilzen und Monaden und dann Schimmelfäden in der sauer gewordenen Flüssigkeit. Die Vegetation war noch schwächer als in 10,b.

11. Phosphorsaures Ammoniak 0,11 Proz., Oxalsäure 0,12 Proz., welche dazu dienten um die bei diesem Versuche unverändert zugesetzte Holzasche zu neutralisiren. — Die Flüssigkeit blieb unverändert.

12. Phosphorsaures Ammoniak 0,13 Proz., aus Zucker dargestelltes Humin, welches vorher mit Ammoniak bis zu schwach alkalischer Reaction versetzt worden war, 0,66 Proz. — Die Flüssigkeit blieb unverändert. Das Humin war unlöslich.

Bei den Versuchen, welche ich im Jahr 1870/1 gemeinschaftlich mit Dr. Walter Nägeli anstellte, wurden die mineralischen Stoffe ebenfalls als Asche zugesetzt. Da der Hauptzweck dieser Versuche dahin ging, die Wirkung der Anwesenheit und des Mangels von freiem Sauerstoff zu prüfen, so wurden zum Theil wieder die nämlichen, zum Theil andere Nährstoffe verwendet, indem je einige Gläser mit Luftabschluss und einige zur Kontrolle mit Luftzutritt behandelt wurden. Ich will hier bloss von den letztern sprechen, und zwar nur insofern sie von den bereits angeführten verschieden sind.

13. Essigsaures Ammoniak 0,7 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz. — Reichliche Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend, und nachdem die Flüssigkeit durch Milchsäure

bildung sauer geworden, Sprosshefen- und Schimmelbildung oder nur die letztere.

14. Essigsaures Ammoniak 0,8 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefe und Gärung; dann Schimmelbildung. Die Ernte war etwas geringer als bei Nr. 13.

14,b. Ebenso, aber 0,4 Proz. P_2O_5. — Wie Nr. 14, aber Gärung weniger lebhaft, Schimmelbildung fast gleich.

15. Salpetersaures Ammoniak 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz. — Spaltpilz- und Milchsäurebildung mässig, aber äusserst reichliche Schimmelbildung, wohl 20 mal reichlicher als bei Nr. 14 und 13.

16. Salpetersaures Ammoniak 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefenbildung und Gärung ziemlich lebhaft, dann Schimmelbildung. Ernte ziemlich wie Nr. 14, aber mehr als 20 mal geringer als bei Nr. 15.

17. Harnstoff 1 Proz., 2 Proz. und 4 Proz. — Keine Pilze.

18. Harnstoff 1 Proz., Citronensäure 2 Proz. — Reichliche Schimmelbildung.

19. Harnstoff 1 Proz., reinster Rohrzucker 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefe und Gärung, dann reichliche Schimmelbildung.

20. Harnstoff 1 Proz., Glycerin 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Reichliche Schimmelbildung.

21. Asparagin 1 Proz. — Die Nährflüssigkeit wird trüb und alkalisch, mit starkem ammoniakalischem Geruch und mit zahllosen kurzen stäbchenförmigen Spaltpilzen in Schwärmbewegung.

22. Asparagin 1 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,3 Proz. — Sehr geringe Schimmelbildung.

23. Asparagin 1 Proz., Citronensäure 1 Proz. —

Reichliche Sprosspilzbildung. Die Schimmelpilze waren durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen.

Die Versuche, welche im Jahr 1875/6 gemeinschaftlich mit Dr. W. Nägeli ausgeführt wurden, hatten gleichfalls den Zweck, die Wirksamkeit der An- und Abwesenheit von freiem Sauerstoff zu untersuchen. Die Mineralsubstanzen wurden wieder als Asche von Hefe, Erbsen, Holz, Tabak, die durch Phosphorsäure neutralisirt war, zugesetzt, in vielen Fällen aber auch als Salzlösungen, nämlich phosphorsaures Kali, schwefelsaure Magnesia und Chlorcalcium in den entsprechenden Mengen. Von den zur Kontrolle angestellten Versuchen mit Luftzutritt mögen folgende, die nicht bereits früher angeführt sind, erwähnt werden.

24. Milchsaures Ammoniak 0,4 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung. Ein bemerkenswerther Unterschied in der Erntemenge gegenüber gleichzeitig angestellten und in jeder Beziehung gleich behandelten Versuchen mit Lösungen b) von weinsaurem Ammoniak und c) essigsaurem Ammoniak [7]) war nicht zu beobachten.

25. Bernsteinsaures Ammoniak 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung.

26. Oxalsaures Ammoniak 0,3 Proz., mineralische Nährsalze. — Keine Pilzbildung.

27. Oxalsaures Ammoniak 1 Proz., Oxalsäure 1 Proz., mineralische Nährsalze. — Keine Pilzbildung.

28. Oxalsaures Ammoniak 1 Proz., Oxalsäure 1 Proz., reinster Rohrzucker 13 Proz., mineralische Nährsalze. — Sehr reichliche Schimmelvegetation.

---

7) Bei andern Versuchen stand das essigsaure Ammoniak an Ernährungstüchtigkeit entschieden dem weinsauren und milchsauren Ammoniak nach.

29. Ameisensaures Ammoniak 0,1 Proz., mineralische Nährsalze. — Unverändert, sowohl im Brütkasten als bei Zimmertemperatur.

30. Phenol (Carbolsäure) 0,08 Proz., Ammoniak etwa 0,2 Proz., mineralische Nährsalze. Die Reaction der Nährflüssigkeit war fast neutral (ganz schwach alkalisch). — Ein Glas, das in den Brütkasten gestellt wurde, blieb unverändert. Die zwei in Zimmertemperatur befindlichen Gläser trübten sich und zeigten ziemlich zahlreiche Spaltpilze (eine winzige Micrococcusform), das eine überdem spärliche, das andere viele Sprosspilze.

31. Salicylsaures Ammoniak 0,1 Proz., mineralische Nährsalze. — Sehr reichliche Vegetation von Spaltpilzen (Micrococcus und Bacterium), welche die Flüssigkeit trübten, stark grün färbten und einen etwas fauligen Geruch verursachten; — dies in zwei Gläsern bei Zimmertemperatur. Ein im Brütkasten befindliches Glas blieb anfänglich unverändert; nach 2 Monaten bildeten sich ein paar Schimmelrasen an der Oberfläche; keine Spaltpilze.

32. Phosphorsaures Ammoniak 0,5 Proz., Glycerin 5 Proz., Asche, Kreide. — Aeusserst reichliche Spaltpilzbildung, und später auf der sauren Flüssigkeit eine Schimmeldecke.

33. Die Versuche über Ernährungstüchtigkeit der Humussubstanzen wurden mit Torf angestellt. Derselbe wurde in der Kälte oder in der Wärme mit Wasser, das 0,5 Proz. kohlensaures Ammoniak enthielt, ausgelaugt und die Lösung zu den Versuchen benützt. Oder es wurden die Gläser zur Hälfte mit Torf und dann zu $^3/_4$ mit Wasser gefüllt, welches entweder keinen Zusatz erhielt, oder mit 0,2 bis 0,5 Proz. kohlensaurem Ammoniak, mit 0,2 Proz. Ammoniak, mit 0,1 Proz. Kali versetzt war. Die Gläser erfuhren entweder keine weitere Behandlung, oder sie wurden zunächst während längerer Zeit (20 Stunden) einer Tem-

peratur von 90 bis 92° C. ausgesetzt. Die Lö
welche einen Zusatz von kohlensaurem Ammonial
Ammoniak oder von Kali erhalten hatten, reagirten s
alkalisch oder sie waren beinahe neutral; diejenige
Zusatz zeigten äusserst schwach saure Reaction.

Die Kulturresultate waren sehr verschiedene.
Male bildete sich in den Lösungen bald eine meh
liche bald eine reichliche Vegetation von Spaltpilzen
coccus und Spirillum, seltener Bacterien), in welch
dann auch Monaden einstellten. Ein Mal blieb jed
bildung aus, wie dies auch bei Anwendung von küns
Humus der Fall gewesen (Versuch 12). Ich setze den
tiven Erfolg auf Rechnung der Unlöslichkeit der I
substanzen, nicht etwa, wie man allenfalls ver
könnte, auf den Mangel an mineralischen Nährsalze
denen mancher Torf sehr arm ist. Denn es stell
eine ziemlich reichliche Algenvegetation ein.

34. Harnstoff 0,5 Proz., Aethylalkohol 2,3
mineralische Nährsalze. — Ein Glas im Brütkasten
mässige Spaltpilzbildung mit saurer Reaction, nachh
dicke Schimmeldecke. Ein anderes Glas bei Zimm
peratur ergab eine sehr reichliche Spaltpilzvegetati

37. Oxamid 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Nach zwei Jahren war die Flüssigkeit noch unverändert.

Ich halte es für überflüssig, anderer Versuche, die kein sicheres Resultat gegeben haben, wie z. B. mit buttersaurem Ammoniak, baldriansaurem Ammoniak, Glycocoll, Acetanilid, Tannin, Salicin besonders zu erwähnen. Wenn Pilzbildung ausbleibt, so ist ja immer die Frage, ob die angewendeten Verbindungen ernährungsuntüchtig sind oder ob in anderen Verhältnissen die Ursache zu suchen ist. Tritt nur spärliche Vegetation auf, so können die angewendeten Verbindungen schwer assimilirbar, oder die Ernährung kann durch verunreinigende Stoffe bewirkt sein. — Ebenso spreche ich nicht von allen anderen Versuchen, wo das Resultat selbstverständlich ist, wo z. B. Zucker- oder Glycerinlösungen mit den verschiedensten stickstoffhaltigen Verbindungen als Nahrung dienten.

Wie bereits erwähnt wurde, habe ich in der bisherigen Aufzählung nur diejenigen Versuche berücksichtigt, bei denen der Luftzutritt gestattet war. Wird die Nährflüssigkeit unter Luftabschluss gehalten, so besteht, wie ich dies in der „Theorie der Gärung“ angegeben, ausser der Assimilationsfähigkeit der organischen Verbindungen noch die fernere Bedingung für das Wachsthum der Pilzzellen, dass dieselben eine Gärthätigkeit von einem bestimmten Intensitätsgrad ausüben. Die Ernährung und Vermehrung der Pilze unterbleibt vollständig, wenn das Gärvermögen jenen Grad nicht erreicht, und ist um so lebhafter, je mehr es ihn überschreitet.

Die meisten Versuche, die ich über die Einwirkung des freien Sauerstoffs angestellt habe, betreffen die Spaltpilze. Bei diesen sind die Verhältnisse, wegen der verschiedenartigen Gärungen, die sie verursachen können, sehr

mannigfaltig und verwickelt. Um dennoch hier ei
stellung zu geben, wie die Assimilationstüchtigkeit d
durch die Gärthätigkeit beeinflusst wird, will ich k
Ergebnisse der weniger zahlreichen Versuche mit
pilzen mittheilen, bei denen sich die Sache, da
Zucker zu vergären vermögen, viel einfacher ge
Zur übersichtlicheren Darstellung fasse ich ganze G
von Versuchen unter Nummern zusammen. Ich b
dazu, dass die Versuche zu verschiedenen Zeiten (
Jahren 1868 bis 1876) und mit verschiedenen Ne
sichten angestellt wurden. Daraus erklärt sich, d
Mengenverhältnisse der angewendeten Nährstoffe o
gleich ausfielen, was unerklärlich wäre, wenn sie mit
sicht auf einander angeordnet worden wären. De
abschluss wurde immer durch Quecksilber bewirkt.

38. Es ist bekannt, dass der Traubenmost oh
tritt von Luft vergären kann. Richtig angestellte Ve
zeigen nun, dass die Gärung in dem nämlichen M
so rascher eintritt, je länger derselbe vor dem Ab
die Einwirkung der Luft erfahren hat und eben
grösser bei gleicher Lufteinwirkung die Zahl der dar
haltenen Keime ist, — dass es aber für die Menge d

[redacted]

utritt von Luft in 20 bis 30 Tagen vergärt, bedarf dazu nter Abschluss von Luft 4 bis 7 Monate; — und von dem ämlichen Most bedürfen beispielsweise diejenigen Partieen, ie sogleich nach dem Auspressen luftdicht abgeschlossen urden, 15 bis 20 Wochen, diejenigen Partieen dagegen, ie vor dem Luftabschluss während 18 Stunden in flachen 'ellern der Lufteinwirkung ausgesetzt waren, 6 bis 9 Wochen ır vollständigen Vergärung.

Wenn man dem Traubenmost Zucker, Glycerin, Weineist, ein Salz oder eine Säure zusetzt, so verläuft bei ıuftzutritt die Gärung um so langsamer, je grösser der Zuıtz ist; es vergärt auch nicht mehr aller Zucker und bei iner bestimmten Zusatzmenge tritt überhaupt keine Gärng mehr ein, während die Hefe sich zwar noch, aber sehr ıngsam und nur an der Oberfläche, wo sie in Berührung ıit Luft ist, vermehrt. Bei Luftabschluss beobachtet man ie gleichen Folgen schon bei viel geringeren Zusatzmengen, ıit dem Unterschied jedoch, dass eine Vermehrung der Iefenzellen ohne Gärung nicht stattfindet, und dass somit ie gleiche Zusatzmenge die Gärwirkung und die Assimiıtion aufhebt.

39. Gekochter Traubenmost, dem man geringste Mengen on Hefe zusetzt, verhält sich ganz wie der unveränderte.)ie Versuche mit demselben gewähren den Vortheil, dass ıan bei hinreichender Vorsicht eine grössere Gewissheit rlangt, es beginne die Vegetation in mehreren zu ver-;leichenden Gläsern mit Hefezellen von ungefähr gleicher ;ahl und Beschaffenheit.

40. Kalte Auszüge oder Abkochungen von getrockneten Veinbeeren (Rosinen) verhalten sich nicht anders als [raubenmost mit der einzigen Ausnahme, dass der Zucker ;egenüber den stickstoffhaltigen Nährstoffen in grösserem ınd daher weniger günstigem Verhältniss vorhanden ist. Werden die Rosinen wiederholt gekocht und fügt man dem

nicht mehr süss, sondern bloss etwas herb schmec Kochwasser Zucker und Säure (Wein- oder Citrone bei, so ernährt dasselbe bei Abschluss der Luft die zellen ähnlich wie Traubenmost.

41. Abkochungen von Pflanzentheilen, die meh weniger Zucker enthalten (Mohrrüben, Kartoffeln). Luftabschluss findet Vermehrung der Sprosshefe sicherer, wenn bis 1 Prozent Wein- oder Citrone zugesetzt wird (wegen des Ausschlusses der Spaltpilze) lebhafter ohne Säurezusatz.

42. Malzauszug verhält sich wie Nr. 41.

43. Abkochung von Bierhefe oder kalter Auszu selben, mit Zusatz von 0,5 bis 1 Proz. Citronensäur 0,4 bis 0,6 Proz. Phosphorsäure (P_2O_5) ernährt die S hefe bei Zutritt von Luft; aber bei Abschluss der wird entweder gar keine oder nur eine minimale von Zellen gebildet, Letzteres ohne Zweifel in Folg äusserst geringen Menge von Zucker, die das Hefen enthält.

Wird der Hefenabsud (welcher 1 Proz. feste Su enthält) mit 1 Proz. Glycerin oder 1 Proz. Mannit [redacted]

44. Fleischextractlösung verhält sich wie Hefenwasser, ur dass wegen vollständigen Mangels an Zucker auch die ıinimale Hefenbildung ausbleibt, wenn keine Luft zutritt der kein Zucker zugesetzt wird, wie sich aus folgenden ersuchen, die je mehrfach angestellt wurden, ergiebt.

a) Wasser mit 1 Proz. Liebig'schem Fleischextract, hne Luft. — Keine Sprosshefenbildung.

b) 1 proz. Fleischextractlösung mit 0,4 bis 0,6 Proz. itronensäure mit Luft. — Reichliche Sprosshefe.

c) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

d) Fleischextract 1 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,1 is 6,2 Proz., mit Luft. — Hefe.

e) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

f) Fleischextract 1 Proz., Glycerin 4,5 oder 9 Proz., ıit Luft. — Sprosshefe, die aber leicht von Spaltpilzen erdrängt wird.

g) Fleischextract 1 Proz., Glycerin 4,5 oder 9 Proz., itronensäure 0,5 Proz., mit Luft. — Reichliche Sprossıefe.

h) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

i) Fleischextract 0,5 Proz., Glycerin 4 Proz., Phoshorsäure (P_2O_5) 1 Proz., mit Luft. — Reichliche Hefe.

k) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

l) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 4,5 Proz., oder Beides verdoppelt, ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe, venn dieselbe nicht von Spaltpilzen verdrängt wird, und war zeigte sich die weniger concentrirte Lösung unter ibrigens gleichen Umständen günstiger für die Sprosshefe.

m) Fleischextract 0,33 bis 1 Proz., Zucker 9 bis 13 Proz., Citronensäure 0,4 bis 0,8 Proz., ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe ohne Spaltpilze. Bei 2 Versuchen mit 0,33 Proz. Fleischextract, 13 Proz. Zucker und 0,7 Proz. Citronensäure fand vollständige weingeistige Vergärung statt. Bei 2 Versuchen mit 2 Proz. Fleischextract,

9 Proz. Zucker und 0,3 Proz. Citronensäure fand
der geistigen Gärung etwas Spaltpilzbildung und
säuregärung statt. Bei 3 Versuchen mit 1 Proz.
extract, 20 Proz. Zucker und 0,8 Proz. Citronensä
nur geringe Vermehrung der Sprosshefenzellen u
keine Alkoholbildung ein.

n) Fleischextract 0,4 bis 0,6 Proz., Zucker
Phosphorsäure (P_2O_5) 0,3 bis 0,5 Proz., ohne Luft. -
reichliche Sprosshefe ohne Spaltpilze.

o) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 9 Proz., W
(absolut.) 4,2 Proz., ohne Luft. — Reichliche Spr
die aber nicht allen Zucker zu vergären vermag.

p) Fleischextract 0,4 Proz., Zucker 9 Proz., s
saures Chinin 0,012 oder 0,0225 Proz., ohne L
Reichliche Sprosshefe.

q) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 9 Proz.,
(absolut.) 2 Proz., schwefelsaures Chinin 0,0066 Pro
Luft. — Ziemlich viel Sprosshefe mit einer noch g
Menge von Spaltpilzen.

r) Fleischextract 0,5 Proz., Mannit 4,5 Proz.,
phorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz., mit Luft. — Sehr re
Sprosshefe.

grösseren Menge von Spaltpilzen, welche wahrscheinlich die Zuckerbildung aus dem Salicin bewirkten.

u) Fleischextract 1 Proz., Amygdalin 0,3 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe, dabei Spaltpilze, denen wohl die Zuckerbildung aus dem Amygdalin zuzuschreiben ist.

45. Fleischauszug (aus gehacktem Fleisch mit der doppelten Menge destillirten Wassers, dem auf 125 ccm 1 Tropfen concentrirte Salzsäure und 0,6 g Kochsalz zugesetzt war, während 6 Stunden bei Zimmertemperatur bereitet) verhält sich ganz wie Fleischextract. Mit 0,2 bis 0,5 Proz. Phosphorsäure versetzt, ernährt derselbe bei Ausschluss der Luft wohl noch spärlich die Spaltpilze, aber nicht die Sprosshefenzellen.

46. Harn ernährt bei Luftabschluss die Sprosspilze nicht, man mag ihn mit Säure versetzen oder nicht. Bei Luftzutritt vermag er ziemlich reichliche Sprosshefe zu bilden, wenn man ihm zur Abhaltung der Spaltpilze 0,5 bis 1 Proz. Weinsäure oder Citronensäure zufügt. — Bei Zusatz von Glycerin (4,5 bis 9 Proz.) vermehren sich die Sprosspilze, wenn die Luft abgehalten wird, ebenfalls nicht; dagegen begünstigt das Glycerin ihre Vermehrung bei Luftzutritt sehr beträchtlich.

Wird der Harn mit Zucker (9 Proz.) und Säure (0,5 oder 1 Proz. Citronensäure) versetzt, so findet bei Luftabschluss reichliche Sprosshefenbildung, dann aber auch Spaltpilzbildung statt, was wohl so zu erklären ist, dass der Harnstoff in kohlensaures Ammoniak übergeht, wodurch die Säure neutralisirt wird. — Enthält der Harn 9 Proz. Zucker und 4,5 Proz. Alkohol (absolut), so bleibt bei Abschluss von Luft die Vermehrung der Spross- und Spaltpilze aus; während bei Luftzutritt zuerst die Spaltpilze sich vermehren und Milchsäure erzeugen, worauf die Sprosspilze zu wachsen beginnen.

und 1 Proz. Citronensäure; in
von Eiweiss und Eigelb gering
48. Blutalbumin (4 Proz.)
mit etwas neutralisirter Erbse
hefenzellen nicht, wenn die Lu
aber bei Zutritt derselben.
49. Asparagin 1 Proz., Ph
Hefenasche, ohne Luft. — Kein
b) Ebenso mit Luft. — Mi
50. Harnstoff 1 Proz., Citr
phorsäure neutralisirte Erbsena
Sprosshefe.
b) Ebenso, mit Luft. —
c) Harnstoff 1 Proz., Glyc
9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5
Erbsenasche, ohne Luft. — Kei
d) Ebenso, mit Luft. —
Spaltpilze.
e) Harnstoff 1 Proz., Zuck
(P_2O_5) 0,2 Proz., neutralisirte E
Reichliche Sprosspilze und Spal
51. Ammoniaksalze (z. B.
allein vermögen, wiewohl ziemli

influss des freien Sauerstoffs viel lebhafter wird, während ohne denselben gleichfalls ausbleibt.

Aeusserst lebhaft ist das Wachsthum der Sprosspilze, enn statt des Glycerins sich Zucker in der Flüssigkeit befindet nd wenn reichlicher Sauerstoff zutritt. Doch wird bei dieser ahrung die Hefe geschwächt und stirbt zuletzt ab. Entilt beispielsweise die Nährlösung 9 Proz. Zucker, 1 oder 5 Proz. neutrales weinsaures Ammoniak und etwas mit hosphorsäure neutralisirte Erbsen- oder Hefenasche, und ird diese Lösung je nach 2 Tagen erneuert, so kann ährend der ersten 4 Tage die Hefe sich auf das 4 fache ewicht vermehren, wenn die Trockensubstanz der jedes ial zur Aussaat benutzten Hefenmenge 3 bis 4 Proz. der ährflüssigkeit ausmacht. Aber das Wachsthum ist am nde dieser kurzen Zeit schon viel träger geworden und hört bei Fortsetzung des Versuches bald ganz auf, wobei ie Spaltpilze die Oberhand gewinnen. Durch Erhöhung er Temperatur auf Brütwärme, durch reichliche Luftzufuhr, urch Zusatz einer grösseren Menge von Kaliphosphat und urch Anwendung von Nährsalzen statt der Asche wird war die Vegetation im Allgemeinen sehr befördert und urch etwas Säure werden die Sprosspilze gegenüber den paltpilzen begünstigt. Doch erleiden selbst unter den llergünstigsten Bedingungen die Sprosspilze, die den Stickoff bloss in Form von Ammoniak erhalten, eine zuehmende Schwächung und gehen ihrem sicheren Unterang entgegen. Es lässt sich das Gewicht der Bierhefe it Zucker und weinsaurem Ammoniak unter Durchleitung on Luft im Brütkasten während 64 Stunden auf das 2 fache vermehren. Aber die Hefezellen sind dann viel ettreicher und stickstoffärmer geworden und sie sind in hrer Lebensenergie geschwächt, indem sie an Gärtüchtigeit eingebüsst haben und viel leichter der Concurrenz der paltpilze erliegen (vgl. auch Nr. 52, 53).

Wird der Zutritt der Luft verhindert, so vermögen Ammoniaksalze mit Zucker die Sprosspilze zwar noch durch viele Generationen zu ernähren, aber die Vermehrung ist jetzt eine viel geringere und hört in Folge von Erschöpfung nach viel weniger Generationen auf als bei Zutritt von Sauerstoff.

Das Gesagte gilt für alle Ammoniaksalze, wobei indessen zu bemerken ist, dass wenn dieselben für sich allein die Sprosspilze ernähren sollen, das weinsaure, citronensaure, bernsteinsaure Salz günstiger wirkt als das essigsaure, und dieses günstiger als das salicylsaure und benzoësaure Ammoniak. Befindet sich aber Glycerin oder Zucker in der Nährflüssigkeit, so verhalten sich die verschiedenen Ammoniaksalze fast gleich, insoferne sie nicht antiseptisch wirken; auch das salpetersaure Ammoniak giebt keine ungünstigeren Resultate als die übrigen. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass bei Abschluss von Luft die Sprosspilze (wie alle Pilze) viel empfindlicher sind und daher ein allfälliger Säurezusatz sehr vorsichtig zu bemessen ist. So erweisen sich beispielsweise 0,8 Proz. Citronensäure in einer 9 proz. Zuckerlösung, welche 0,5 Proz. neutr. citronensaures Ammoniak und etwas Hefenasche enthält, entschieden als zu viel. Die Vermehrung der Sprosshefenzellen ist in diesem Falle äusserst träge; sie dauerte in mehreren Versuchen nach 2 Jahren noch fort; es hatte sich in dieser langen Zeit äusserst wenig Hefe gebildet und es war fast kein Zucker durch Gärung verschwunden. — Schädlicher als Citronensäure und Weinsäure wirken freie Essigsäure und freie Salpetersäure. Gänzlicher Mangel an freier Säure gewährt zwar die günstigsten Bedingungen für das Wachsthum der Sprosspilze, aber auch die grösste Gefahr, dass sie durch die Spaltpilze verdrängt werden.

Die nachfolgenden Versuche sind von Dr. O. Löw
ısgeführt und beschrieben worden.

52. Ernährung der Sprosshefe durch weinsaures Am-
ıoniak und Zucker unter dem Einfluss von Luft und Wärme
Oct. 1877).

Es ist eine seit lange gemachte Erfahrung, dass Luft-
ıtritt und mässige Erwärmung das Wachsthum der Spross-
efe begünstigen, allein über den relativen Einfluss dieser
'actoren sind noch keine näheren quantitativen Angaben
ekannt und wurden desshalb folgende Versuche angestellt:

Vier Flaschen a, b, c, d, erhielten gleiche Mengen
ierhefe, nämlich je 2,652 g Trockensubstanz entsprechend,
nd je einen Liter Nährflüssigkeit von folgender Zusammen-
etzung:

Zucker [9])	10	Prozent
Ammontartrat . .	0,5	„
Dikaliumphosphat .	0,035	„
Magnesiumsulfat .	0,006	„
Calciumchlorid . .	0,0015	„
Ammonsulfat . . .	0,0061	„

Die Flaschen a und c wurden in den Brütkasten
28—32° C) gestellt, b und d hatten Zimmertemperatur
15—19°); mit continuirlichem Luftstrom wurden a und b
ehandelt.

Nachdem so viel Zucker verschwunden war, dass man
inen süssen Geschmack kaum mehr wahrnehmen konnte,
vurde die überstehende Flüssigkeit von der Hefe abge-
ossen und neue Nährlösung zur Hefe gegeben. Aus der
ıbgegossenen Flüssigkeit setzte sich nach längerem Stehen
n einem kühlen Orte stets noch etwas Hefe ab, welche
lann in die betreffenden Flaschen zurückgegeben wurde.

9) Unter Zucker ist hier stets der Colonialzucker des Handels zu
'erstehen.

a und c, also da wo höhere T
sich die Säurebildung am stärk

Am 10. Tage wurden die
Ernten gewaschen und in Cylin
um das Volum mit dem Gewi
dann 1/10 zur Trockensubstanzb

Das Resultat war folgende

	Verbrauchte Liter Nährlösung	Erntegewicht	Erntevolum in cc
a	7	7,72 g	43,7
b	4	6,04	36,7
c	6	4,29	26,5
d	5	2,81	18,1

Gleichzeitiger Einfluss vo
günstigte also in dem verhältniss
Versuche das Resultat ungemei
nur das grösste Erntegewicht,
nährte Hefe erhalten, was ans

Die Stickstoffbestimmungen in den Ernten ergaben olgendes Resultat:

	Absolute Menge Stickstoff:	Stickstoff in Prozenten:
a	0,529	6,85
b	0,347	6,18
c	0,299	6,97
d	0,197	7,03
Aussaat	0,238	9,00

Es geht daraus hervor, dass während bei gleichzeitiger Anwendung von Luft und Wärme die Eiweisssubstanzen im mehr als das Doppelte zunahmen, bei Abwesenheit lieser Factoren sogar eine Verminderung (durch Ausscheidung) eintrat. —

53. (März 1879). Bei einem andern Versuche mit Bierhefe wurde bei gleichem Zuckergehalt der Lösung die Menge des Ammontartrats auf 1 Prozent, und die des Dikaliumphosphats ebenfalls auf 1 Prozent erhöht; die Menge les Magnesiumsulfats betrug 0,01 Prozent, des Chlorcalciums:),0025 Prozent. Ammonsulfat wurde weggelassen. Das Gewicht der Trockensubstanz der angewandten Hefe [11]) betrug = 0,769 g; die angewandte Nährlösung anfangs 200 cc; sie wurde 3 mal erneuert und das letzte Mal auf 100 cc erhöht. Da es sich hier nur darum handelte, den Einfluss eines constanten Luftstroms näher zu bemessen, so wurden die Flaschen keiner höheren Temperatur ausgesetzt; es ergab sich nun für die Ernte

bei constant durchgeleitetem Luftstrom: 2,093 g
ohne Luftstrom: 1,478 g;

m ersten Falle also das 2,72 fache, im letzten nur das 1,92 fache der Aussaat.

11) Sie wurde unmittelbar nach Entnahme aus dem Bier-Gärbottig verwendet, nachdem sie einmal mit Wasser gewaschen war.

54. (März 1879). Vergleichung von Pepton und Ammontartrat bei Ernährung der Sprosshefe. Da Pepton einerseits dem Eiweiss ausserordentlich nahe steht[12], andererseits im Gegensatz zu letztrem in einem gewissen Grad der Diosmose fähig ist, so lag es nahe zu vermuthen, dass es in Verbindung mit dem Cellulose liefernden Zucker die beste Nährmischung für Pilze abgeben müsse. In der That haben schon unsre Versuche mit Schimmel dieses Resultat voraussehen lassen (vgl. Mittheilung vom 3. Mai).

Die beiden Nährlösungen enthielten a) 1 Proz Ammontartrat, b) 1 Proz. Pepton; im Uebrigen war die Zusammensetzung wie die soeben beschriebene (auf 100 Wasser, 10 Zucker, 1 Dikaliumphosphat etc.)

Angewandt wurde eine 0,773 g Trockensubstanz entsprechende Hefemenge[13]) und 200 cc Nährlösung, welche letztre nach erfolgter Vergärung erneuert und auf 400 cc erhöht wurde. Die Temperatur des Gärraumes betrug bis 32° C; ein Luftstrom wurde nicht durchgeleitet. Das Erntegewicht betrug

bei a = 0,966 g; Zunahme = 0,193 g = 24,97 Proz.
bei b = 1,611 g; „ = 0,838 g = 108,42 „

Die Zunahme ist also bei Peptonnahrung unter den gegebenen Umständen mehr als viermal so gross als bei Ammontartrat.

Es ist möglich, dass die Behandlung mit einem continuirlichen Luftstrom dieses Resultat im günstigen Sinne für Ammontartrat verändern würde. Ein Versuch in dieser Richtung musste wegen übermässiger Schaumbildung bei der Peptonnährlösung und des in Folge dessen eintretenden Verlustes unterbrochen werden. Ein weiterer Versuch

12) Nach den neueren Untersuchungen von Maly ist es als depolymerisirtes Eiweiss zu betrachten.

13) Diese Bierhefe wurde nach zweitägigem Stehen an einem kühlen Orte verwendet.

wobei beide Nährlösungen im Brütkasten standen und nur die mit Ammontartrat mit einem Luftstrom behandelt wurde, ergab bei letztrer eine mehr als doppelt so hohe Ernte als bei der Peptonlösung. Doch lässt sich hieraus wegen der ungleichen Behandlungsweise kein Schluss ziehen.

55. Vergleich der Stickstoffernährung mit Ammoniak und Salpetersäure bei Sprosshefe (December 1877). Der Umstand, dass sowohl Schimmel- als Spaltpilze den Stickstoff aus der Salpetersäure zu assimiliren vermögen, die Sprosspilze aber hiezu unfähig sind, bildet eine zu auffallende Thatsache, als dass man sich nicht nochmals davon hätte überzeugen wollen. Die folgenden Versuche bestätigen diese Beobachtung vollständig.

Vier Flaschen wurden mit je 0,732 g Trockensubstanz entsprechender Menge Hefe [14]) und einer 9 prozentigen Zuckerlösung, deren Volum anfangs 200 cc betrug und mit der Hefezunahme auf 400, zuletzt auf 800 cc erhöht wurde, beschickt. Die Gärtemperatur betrug von 25—30°. Von den Nährsalzen wurde auf 100 Wasser: 0,035 Dikaliumphosphat, 0,006 Magnesiumsulfat und 0,0015 Calciumchlorid angewandt.

Die Flasche a erhielt nun 0,47 Prozent Ammontartrat und 0,005 Proz. Ammonsulfat.

Die Flasche b diente zum Controllversuch und mangelte hier jede Stickstoffquelle.

Bei c wurde als N-quelle eine dem Ammontartrat aequivalente Menge Natronsalpeter, und bei d Calciumnitrat zugefügt.

Bei a verlief die Gärung am schnellsten und da stets die Erneuerung der Nährlösung nach fast vollendeter Gärung stattfand, so kam es, dass schliesslich, bei Beendigung

---

14) Diese Hefe enthielt nach dem Trocknen bei 100° 9,29 Prozent N und 4,77 Prozent Asche.

des Versuches, nach 10 Tagen, a 2400 cc, b,
aber nur 1200 cc Nährlösung verbraucht hatten.

Das Erntegewicht betrug bei:

		Zunahme:
a =	2,836 g	2,104 g
b =	0,856	0,124
c =	0,880	0,148
d =	0,970	0,238

Die Stickstoff- und Aschebestimmungen gaben f
Werthe:

	a	b	c	d	Ur lich
Asche in Proz.	4,94	4,14	6,66	5,84	4
Stickstoff in Proz.	7,09	4,09	4,92	5,23	9
Absolute Menge Stickstoff in g	0,2011	0,0348	0,0377	0,0516	(

Es geht also hieraus deutlich hervor, dass die
Gewichtsvermehrung bei b, c und d lediglich die C
betraf, und eine Zunahme an Eiweisskörpern nur

2,368 g. Der Zusatz von Salpeter hatte also kein bessres Resultat herbeigeführt als Zucker allein und die erhaltene Vermehrung ist hier wohl fast ausschliesslich auf Kosten der Cellulosebildung zu setzen; da aber auch der reinste Zucker des Handels noch immer sehr geringe Mengen N-haltiger Materien enthält, so können diese wohl unter sonst günstigen Umständen bei der Hefe Verwendung finden und bei der Vermehrung mitgewirkt haben.

57. Assimilation der Salpetersäure durch Spaltpilze (Sommer 1879). Während Nitrate durch Sprosshefe nicht verändert werden, erfahren sie durch Spaltpilze bekanntlich verhältnissmässig rasch eine Reduction zu Nitriten und schiesslich zu Ammoniak. Durch folgenden Versuch konnte diese Reduction leicht dargethan werden:

Eine Nährlösung von der Zusammensetzung:

Wasser	200 g
Dikaliumtartrat . .	5
Natriumnitrat . .	2
$MgSO_4$	0,08
$CaCl_2$	0,02
K_2HPO_4 . . .	1,0

wurde in einen 5—600 cc fassenden Kolben gebracht, dieser mit doppelt durchbohrten Kautschukpfropfen versehen und von Zeit zu Zeit Luft durch den Kolben gesaugt, welche concentrirte Schwefelsäure passirt hatte. Eine Aussaat von Spaltpilzen wurde nicht gemacht, diese entwickelten sich bald aus den aus der Luft ursprünglich in die Lösung gelangten Keimen und vermehrten sich anfangs ziemlich rasch. Die Reaction wurde bald entschieden alkalisch und schon nach 2 Wochen wurde eine nicht unbeträchtliche Reaction auf salpetrige Säure mit Jodkaliumstärkekleister nach dem Ansäuern erhalten. Nach 8 Wochen wurde die gebildete Pilzmasse abfiltrirt, sie wog 0,113 g.

ducirt worden war, welch' l
der Flüssigkeit vorfand.

58. Assimilation der Salpe
pilze (Sommer 1879). Salpeters
Schimmelpilzen assimilirt und si
hiebei reducirt, doch salpetrige S
produkt nicht nachweisen. Di
sein, dass wir bei Schimmelcultu
sorgten, um die Spaltpilzentwick
aber auch möglich, dass jedes N
Nitrats direct in Ammoniak verw
mediär wahrscheinlich gebildete N
kann.

Gleichzeitig mit dem Ver
wurden Nährlösungen mit Am
stoff angestellt. Die Nährlö
sammensetzung:

Wasser . . .
Glycerin . . .
K_2HPO_4 . . .
$MgSO_4$ . . .
$CaCl_2$ . . . .

Zwei Flaschen, a und b erl

durch rasch eine saure Reaction auftrat. Letztre hatte nun die Entwicklung einer Schimmelvegetation zur Folge, welche die gebildete Säure oxydirte, in Folge dessen die Reaction schliesslich wieder schwach alkalisch wurde. Salpetersäure war zum Theil jetzt noch als solche vorhanden, salpetrige Säure aber liess sich nicht nachweisen. Die Ernte betrug 0,735 g. Bei b, c und d waren in Folge anfänglicher Ansäuerung keine Spaltpilze aufgetreten, die anfangs zugesetzte Essigsäure war fast völlig oxydirt worden, die Reaction der Lösungen nur noch sehr schwach sauer. Der Schimmel entwickelte sich zuerst am lebhaftesten auf c, später bei d. Der oberflächlichen Ausbreitung nach schien bei a die Schimmeldecke am bedeutendsten. Bei b war die Sporenbildung am stärksten. Die Ernten betrugen bei:

b = 1,655 g
c = 1,770
d = 3,519

59. Verhalten von Methylamin und Aethylamin mit und ohne Zucker (Mai 1879). Da bei einem früheren Versuche, bei welchem eine Nährlösung von salzsaurem Methylamin 2 Jahre sich überlassen worden war (Versuch 35) Spaltpilze ernährt hatte, so wurde der Versuch mit Methylamin und Aethylamin bei Schimmelpilzen wiederholt: Hiezu dienten folgende Nährlösungen:

a		b
Wasser	200	Erhielt statt Methylamin
Salzsaures Methylamin	2,5	Aethylamin.
Dikaliumphosphat .	0,25	
$MgSO_4$	0,08	
$CaCl_2$	0,02	
Phosphorsäure . .	1,25	

Die ausgesäten Sporen trieben kurze Fäden und starben dann ab. Als man sich nach mehreren Wochen für über-



(bei 100° getrocknet).

Was b betrifft, so wurde d
getheilt und die eine mit Kali n
pilzen inficirt; aber nach mehrer
keine Entwicklung.[15]) Die andr
Neutralisiren mit 5 g Zucker vers
Spaltpilzvegetation eintrat.

Der Stickstoff substituirter A
Schimmel- und Spaltpilzen leicht
Vergleich ergab, dass salzsaures
ein besseres Resultat lieferte a
Sprosshefe scheint sich auch hi
verhalten; denn in einem Versuc
nahmen bei salzsaurem Aethylan
wie 1:2; bei ersterem traten auffa

60. Verhalten des Propylam
den Versuchen mit Methyl- und
von Interesse, noch das nächst l
C- und N-Assimilirbarkeit durch
wurden desshalb aus den salzsau
3 Basen Nährlösungen hergestellt
Brütkasten[16]) bei 30—32° länger

Wasser	200 g
Salzsaure Base . .	2,0
Dikaliumphosphat .	0,5
$MgSO_4$	0,04
$CaCl_2$	0,01

Methyl- und Aethylamin-Nährlösung blieben diesmal wieder ohne Pilz-Entwicklung, bei Propylamin aber bildete sich langsam eine Vegetation von röthlich gefärbten Spaltpilzen. Es können letztre also aus Propylamin nicht nur ihren Bedarf an N, sondern auch den an C decken; wenn unter sonst gleichen Umständen bei Methyl- und Aethylamin dieses nicht der Fall ist.

61. Ernährung durch Trimethylamin und Zucker (Sommer 1879). Da Trimethylamin und Triaethylamin bei Abwesenheit irgend einer andern Kohlenstoffquelle für Spaltpilze ebensowenig günstig sich erwiesen [17]), als Methyl- und Aethylamin, so wurde ein Gemenge von Trimethylaminsalz und Zucker versucht, um zu sehen, ob wenigstens der Stickstoff dieser tertiären Base zur Assimilation dienen könne. Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	100 g
Essigsaures Trimethylamin	0,5
Zucker	5,0
Dikaliumphosphat . . .	0,2
Magnesiumsulfat . . .	0,02
Calciumchlorid . . .	0,002

Diese Lösung (a) wurde mit Spaltpilzen inficirt, während eine zweite (b), ganz gleich zusammengesetzte noch 1 Proz. Phosphorsäure erhielt und mit Schimmelsporen besät wurde. Gleichzeitig wurden hiezu 2 Kontrollflaschen ohne Trimethylaminsalz aufgestellt.

---

17) Diese Nährlösungen enthielten 1 Prozent der salzsauren Basen und die unorganischen Nährsalze, mit Spaltpilzen inficirt entwickelten sie selbst nach längerer Zeit keinerlei Vegetation.

Bei dem Kölbchen
Vegetation ein, und
Letztre hatte, weil nic
zur Folge, welchen
machten. Nach 3 Mo
abfiltrirt, er wog bei
Kontrollkölbchen trat
geringe Spaltpilz- und
des geringen Gehalts d
allein die Totalernte be

Das Kölbchen b er
ohne Spaltpilze, die Er
beim Kontrollversuch n

Der Stickstoff ka
wenn 3 Atome H im A

62. Verhalten von
stoffassimilation (Juni
ihren Stickstoffbedarf a
und Substitutionsprodu
fragte es sich weiter, w
Cyan- und Nitroverbi
Cyan betreffenden Vers

nd in Folge dessen Milchsäurebildung ein. Allmälig trat in schwacher Blausäuregeruch auf, das Nesslersche Reagens eutete die Bildung von Ammoniak an, und am Boden eigte sich ein schwachblau gefärbter Niederschlag. Offenbar ıatte die gebildete Milchsäure Ferrocyanwasserstoffsäure in Freiheit gesetzt, welch' letztre leicht zersetzlich ist. Bei ascherer Zersetzung der hiebei auftretenden Blausäure vürde eine hinreichende Menge Ameisensäure entstanden ein, die weitere Pilzvegetation ganz aufzuheben.

62,b. Ebensowenig wie Schimmelpilze sich entwickeln konnten, konnte es Sprosshefe. Die Nährlösung war wie olgt zusammengesetzt:

Wasser	100
Zucker	10
Ferrocyankalium .	1
Dikaliumphosphat .	1,0
Magnesiumsulfat .	0,026
Calciumchlorid . .	0,006

Die gärende Mischung wurde bei 30° mit einem Luftstrom behandelt, allein die Zunahme der Hefe war nur unbedeutend; gleichzeitig hatten sich Spaltpilze gebildet und etwas Berlinerblau abgeschieden. —

63. Verhalten von Nitroverbindungen (Juni 1879). Picrinsäure und Nitrobenzoesäure dienten zu diesen Versuchen. Die stark antiseptischen Eigenschaften der ersteren liessen von vorneherein kein sehr günstiges Resultat erwarten. In der That blieb eine ½ prozentige Lösung dieser Säure völlig unverändert. Doch da es möglich schien, dass bei günstiger Kohlenstoffquelle wenigstens der Stickstoff der Nitroverbindung Verwendung finden könnte, so wurde eine Nährlösung mit 2,5 Proz. Zucker und 0,2 Proz. Picrinsäure mit Schimmelsporen besät, aber es erfolgte nach 2 Wochen keine Spur von Entwicklung. Erst als diese Nährlösung mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt und die Menge

des Zuckers verdoppelt wurde, stellte sich eine äusser-
kümmerliche Vegetation ein, die Ernte betrug nach vier
Wochen nur 0,041 g.

Wegen der wenn auch sehr geringen Verunreinigung
des Zuckers war ein Kontrollversuch zu gleicher Zeit an-
gestellt worden, bei dem die Picrinsäure fehlte; die Ernte
betrug hier 0,052 g, also mehr als mit der Säure. Indessen
trotzdem ist eine Mitwirkung der Picrinsäure wie erscheint
nicht abzusprechen; denn im Kontrollversuch fehlten die
Sporen fast ganz, während im Hauptversuch sie eine nicht
unerhebliche Menge darstellten.

63,b. Bei einem Versuch mit Nitrobenzoesäure wurde
eine Lösung von 3 Prozent essigsaurem Natron und
0,2 Prozent nitrobenzoesaurem Natron und den nöthigen
Nährsalzen sich selbst überlassen, allein es zeigten sich
keine Spaltpilze, nur langsam entwickelte sich etwas
Schimmel, dessen Menge nach 6 Wochen kaum 1 cg über-
schritt. Im Kontrollversuch war allerdings noch viel
weniger sichtbar.

Es geht also jedenfalls so viel daraus hervor, dass
aromatische Nitrosäuren sehr schlechte Stickstoffquellen für
die Pilze darstellen. —

64. Verhalten verschiedener anderweitiger Substanzen
bei der Ernährung der Pilze.

64,a. Organische Basen, wie Chinin und Strychnin
stellen sehr schlechte Nährstoffe für die Pilze dar. Es
bildeten Nährlösungen von 0,5 Proz. der Sulfate dieser
Basen, die mit 0,1 Prozent Phosphorsäure angesäuert
worden waren, nach vielen Wochen keine Spur von Schimmel.
Erst nachdem nochmals das der Nährlösung gleiche Volum
Wasser zugefügt wurde, bildete sich eine Minimalmenge
in der Strychninlösung, aber noch immer keine Spur in
der Chininlösung. —

64,b. Dass Halogensubstitutionsprodukte der Fettreihe ine schlechte Nahrung für Pilze darstellen würden, liess ich im Voraus vermuthen. Wir haben in dieser Richtung ur einen Versuch mit Chloral gemacht. Eine Nährlösung nit 0,5 Prozent dieses Körpers und 0,25 -Ammonsulfat lieb selbst nach langer Zeit ganz unverändert. —

64,c. Von den Alkoholen der Fettreihe wurde der sobutylalkohol versucht, und eine Nährlösung von:

Wasser	300	g
Isobutylalkohol . .	0,5	
Ammonphosphat .	0,25	
Magnesiumsulfat .	0,08	
Calciumchlorid . .	0,02	
Dikaliumphosphat .	0,30	

nit Schimmel besät. Die nach 8 Monaten abfiltrirte Ernte etrug 0,048 g.

64,d. Von den Hydroxyverbindungen der aromatischen Reihe diente Pyrogallol, Gerbsäure und Chinaäure zu Versuchen.

Eine 1 prozentige Pyrogallol-Lösung (200 cc) gab bei Gegenwart von 0,2 Prozent Ammonsulfat und den nöthigen Nährsalzen eine sich sehr langsam entwickelnde Schimmelregetation, die verhältnissmässig reich an Sporen war; die nach 6 Wochen abfiltrirte Ernte betrug nach dem Trocknen bei 100° 0,235 g [19]).

Wie Pyrogallussäure verhält sich Gerbsäure, auch sie ernährt den Schimmelpilz in einer Nährlösung mit 0,4 Proz. Gerbsäure und 1 Prozent Ammonphosphat.

64,d. Einen sehr guten Nährstoff giebt die der antiseptischen Benzoesäure so nahestehende Chinasäure ab, denn

19) Die Beobachtung von V. Bovet (Journ. f. pr. Chem. 19. 445), dass Pyrogallol als Antisepticum gute Dienste leiste, dürfte sich nur auf concentrirtere Lösung wie die hier angewandte beziehen.

auf einer Nährlösung mit 1 Prozent chinasaurem 0,25 Ammonsulfat, und den nöthigen Mineralsalzen u 0,1 Phosphorsäure angesäuert entwickelte sich ras üppige Schimmelvegetation wie nur auf einem der b Nährsubstanzen.

Die Ernährung der niederen Pilze durch Mine stoffe.[20])

Die Pilze bedürfen, wie die übrigen Pflanzen, den Verbindungen, die ihnen Kohlenstoff, Wass Sauerstoff und Stickstoff zuführen, noch gewisse miner Stofte, deren Anwesenheit bei dem Chemismus nothw ist, oder deren Elemente in die Constitution der Su eintreten. Aber die Pilze machen bezüglich der A verhältnissmässig geringe Ansprüche. Sie könne 4 Elementen auskommen, nämlich 1) Schwefel, 2) Pho 3) einem der Elemente Kalium, Rubidium oder C 4) einem der Elemente Calcium, Magnesium, Baryu Strontium, während die höheren grünen Landpflanz gleich Calcium und Magnesium und überdem noch Eisen und Silicium bedürfen.

[redacted]

oder dass sie durch die Pilze in einander umgewandelt werden. Besonders sind die Spaltpilze geeignet, den Experimentator zu täuschen, da sie oft in sehr geringen Mengen starke Trübung der Nährlösung und starke Gärung bewirken, — in Mengen, welche nur Spuren von Mineralstoffen enthalten können. — Pilzkulturen sind daher in manchen Fällen als sehr feine Reagentien auf Verunreinigungen von chemischen Verbindungen zu gebrauchen.

Was zuerst den Schwefel betrifft, so ist derselbe als Bestandtheil der Albuminate unentbehrlich und kann auch durch kein anderes Element ersetzt werden. Es sind zwar in neuester Zeit die Albuminate der Spaltpilze als schwefelfrei erklärt worden. Allein diese Annahme erscheint wegen der Analogie mit den übrigen Organismen als wenig annehmbar und ihr widersprechen auch unsere Beobachtungen.

Die Pilze entnehmen den Schwefel den Albuminaten, wenn ihnen dieselben als Nahrung zugänglich sind. Sie können ihn aber unter allen Umständen auch aus der Schwefelsäure sich aneignen, und ebensogut aus der schwefligen und unterschwefligen Säure. Es giebt sogar Versuche, aus denen man zu dem Schlusse geneigt sein möchte, dass die letzteren Verbindungen besser ernähren als Schwefelsäure. Ein sicheres Urtheil darüber wäre erst aus grösseren Versuchsreihen zu gewinnen.

Bezüglich des Schwefels gilt nämlich in besonderem Grade, was ich vorhin von der Schwierigkeit, entscheidende Kulturversuche anzustellen, gesagt habe. Er findet sich sehr leicht in hinreichender Menge als Verunreinigung, besonders des Zuckers. Aber auch Nährlösungen, denen der Zucker mangelt, zeigen ohne Schwefelzusatz oft ziemlich reichliche Pilzvegetation. So befinden sich eben unter den Versuchen zwei Gläser mit starker Trübung und mässiger Gärung, von denen das eine auf 100 ccm Wasser 0,5 g Asparagin, 3 g Glycerin, 0,2 g Dikaliumphosphat, 0,02 g

Calciumchlorid und 0,05 g Magnesiumchlorid,
auf 100 ccm Wasser 0,5 g Asparagin, 1 g Glyc
Kaliumnitrat, 0,1 g Diammonphosphat und 0,1 g M
chlorid enthält (also beide Nährlösungen ohne ein
verbindung [21]).

Auf den Betrag der Verunreinigungen
einigermassen schliessen, wenn man solche „sch
Nährlösungen mit andern vergleicht, denen eine
verbindung zugesetzt wird. So wurden früher (18
Gärversuchen mit 10 g Colonialrohrzucker, 0,
tralem weinsaurem Ammoniak und 0,04 g (schw
Hefenasche Kontrollversuche angesetzt, von denen
0,033 g schwefelsaures Kali, die andern 0,033 g
sauren Kalk erhielten. Bei Luftabschluss wurde
Nährlösungen ohne Schwefelverbindung die er
Volumen gleiche Menge von Kohlensäure durchs
nach 161 Tagen, von denen mit schwefelsaurem Ka
schnittlich nach 45 Tagen, von denen mit schwe
Kalk durchschnittlich nach 54 Tagen entwickelt.

Was das Kalium als Nährstoff der Pilze be
ergeben die Kulturversuche, dass dasselbe nicht
folgenden Elemente: Natrium, Lithium, Baryum, S

Reinheit der übrigen Nährstoffe und der Gefässe zu achten, auch darauf, dass während des Versuches weder aus der Gefässwandung Kalium in die Lösung gehe, noch dass Staub aus der Luft hereinfliege. Da es kaum möglich ist, das Kalium ganz auszuschliessen und da man oft nicht weiss, wie viel etwa von demselben sich in die Nährlösung einschmuggelt, so ist es immer nothwendig, einen Kontrollversuch ohne jedes Alkali der Versuchsreihe beizufügen. Es zeigt sich dann, dass diejenigen Versuche, welche Natrium-, Lithiumsalze u. s. w. enthalten, keine grössere Pilzernte geben, als diejenigen, denen kein Alkalisalz zugesetzt wird.

Ferner ist zu bemerken, dass zu diesen Versuchen die Schimmelpilze und die Sprosspilze viel geeigneter sind als die Spaltpilze, weil ihre Ernten viel mehr ins Gewicht fallen. Die Trockensubstanz einer Spaltpilzkultur ist an und für sich sehr gering, und überdem wird ein grosser Theil der Assimilationsprodukte bald wieder ausgeschieden und zugleich mit einem Theil der Nährverbindungen durch die grosse Oxydationstüchtigkeit der lebenden Zellen verbrannt. Es geschieht daher leicht, besonders wenn der richtige Zeitpunkt überwartet wird, dass im Endresultat der verschiedenen Versuche kein bemerkbarer Unterschied gefunden wird (Versuch 67). Bei den Spaltpilzen eignet sich desswegen zur Bildung eines Urtheils die Beobachtung anderer Erscheinungen besser als der Gebrauch der Waage. Man sieht nämlich deutlich, dass Nährlösungen, welche Kalium-, Rubidium- oder Caesiumsalze enthalten, sich rascher und viel stärker trüben, und dass sie rascher und intensiver grünlich gefärbt werden (vgl. die oben gemachte Bemerkung über diese Färbung) als Nährlösungen, denen die genannten Salze mangeln.

Was die Elemente Magnesium und Calcium betrifft, welche man gewöhnlich als unentbehrlich für die Nährlösungen betrachtet, so können dieselben einander ersetzen.

Ebenso können si
werden, nicht aber
eigentlichen Alkali
die Vertretung de
angestellt wurde (
meinen Gewissheit
selben gleichwerth
einen, sei es durch
zweien, besser ern
darf nämlich auf
keinen grossen W
störender Umstand
Versuchsreihe der
günstige Essigsäur
werden musste. I
dass jedes der 4
Pilze ermöglicht, u
thum unmöglich
suchs aus der äu
einen Glase (d) g
Vergleichung bezi
Magnesia, Baryt
halten, müssten
säure so wiederho

velche die Chemie schon längst unterschieden hat, die Alkalien und die alkalischen Erden. Eine Vertretung findet ıur innerhalb jeder Gruppe statt; aus jeder Gruppe muss venigstens Ein brauchbares Element in der Nährlösung ›nthalten sein. Dies beweist uns, dass die Stoffe der beiden Gruppen ungleiche Functionen in der lebenden Zelle vollbringen.

Die Salze der alkalischen Erden werden wohl nur als Einlagerungen in die organisirten Substanzen, Plasma und Zellmembran, verwendet, die ich mir als ein Festhaften der Salzmoleküle an der Oberfläche der Albuminat- und Cellulosemicelle denke. Möglicher Weise können beide Funktionen durch jeden der 4 Stoffe Magnesia, Kalk, Baryt und Strontian erfüllt werden. Die in die Albuminate eingelagerten Salze sind Phosphate, und nach Analogie möchte man erwarten, dass in den Sporen vorzüglich Magnesiumphosphat enthalten sei. Aus der bereits angeführten und später beschriebenen Versuchsreihe (Nr. 71) darf man aber wohl schliessen, dass die Sporen ebensowohl das Kalksalz als das Magnesiasalz aufnehmen können, — da die bloss Kalk enthaltende Nährlösung (c) eine ebenso grosse Ernte und ebenso reichliche Sporenmasse ergab wie diejenige mit Kalk und Magnesia (a).

Ob und in wiefern die Membran von der Regel, Kalksalze einzulagern, bei den Pilzen eine Ausnahme zu Gunsten der übrigen alkalischen Erden machen könne, darüber ergiebt sich aus der nämlichen Versuchsreihe keine Gewissheit. Man könnte sogar, wenn man die Ernteergebnisse als massgebend betrachten dürfte, jene Frage verneinen. Da nämlich alle Nährflüssigkeiten, in denen der Kalk mangelte, nicht die Hälfte des Trockengewichts von den beiden kalkhaltigen (a und c) erzeugten, so liesse sich leicht der Grund davon in der mangelhaften Ernährung der

halten sind, kommen die Salze
Lösung in der freien und in der
durchdringenden Zellflüssigkeit
eine doppelte sein. Einmal wi
Anwesenheit (durch katalytische
indem ihre molecularen und int
und die von ihnen ausgehenden K
Lebensprocesse einen begünstigen
fluss ausüben. Ferner mag ein T
träger bei den Umsetzungen diene
vorübergehend damit verbinden.

Ueber diese Fragen giebt uns
ung nur wenig Aufschluss. Wen
der Bierhefe auch für die übrigen
betrachten dürfen, so enthalten di
und pflanzensaure Salze, denn di
phorsäure, Kali, Magnesia und
auf[22]). Und zwar müssen es sau
aus den relativen Mengen ergiebt
sache übereinstimmt, dass die E
Reaction zeigt.

Ein Theil der Phosphate mu
der geringsten Menge von Basis

ein. Es kann ferner nicht alle Phosphorsäure an Alkalien, in Theil derselben muss an die alkalischen Erden gebunden ein; denn wenn auch alles Kali als Monokaliumphosphat n Anspruch genommen wird, so bleibt für einzelne Anaysen doch noch eine ziemliche Menge von verfügbarer Phosphorsäure.

Mit Berücksichtigung der Aschenanalysen ergiebt sich ls die wahrscheinlichste Annahme, dass das Kali als Monokaliumphosphat ($KH_2 PO_4$) und Dikaliumphosphat ($K_2 H PO_4$) in der Zellflüssigkeit gelöst, ferner dass ein Theil der lkalischen Erden als Phosphate im Plasma und ein anderer Theil in Verbindung mit organischen Säuren (z. B. Oxalsäure) in der Zellmembran eingelagert sei.[23])

Wir können uns nun noch die Frage stellen, warum lie chemisch einander nahe verwandten Elemente der Alkalien und alkalischen Erden sich physiologisch so ungleich verhalten, warum nur die alkalischen Erden zur Einlagerung dienen, warum nur die einen Alkalien in der Lösung wirksam sind. Der erstere Punkt erledigt sich vielleicht lurch die Thatsache, dass die Salze der Alkalien durchweg eicht löslich sind, während diejenigen der alkalischen Erden, die hier in Betracht kommen, schwerer löslich oder mlöslich und daher der Anziehung der organisirten Substanzen eher zugänglich sind.

Was den andern Punkt betrifft, warum Kalium, Rubidium und Caesium, nicht aber Natrium und Lithium als Nährstoffe benutzt werden können, so liesse sich einmal an lie wenn auch unwahrscheinliche Möglichkeit denken, dass lie Salze der ersteren Elemente leichter durch Membranen und andere organisirte Stoffe hindurchgehen. Diosmotische

23) Diese Einlagerung von Oxalaten ist natürlich nicht zu verwechseln mit dem krystallinischen Vorkommen des oxalsauren Kalkes in und zwischen den Membranen, wie es bei andern Pflanzen bekannt ist.

gegen einander hindurch gehe

Der Grund, warum Kaliu
die bestimmte Ernährungsfun
also in andern Eigenschaften
nun zwischen den genannte
keinen andern Unterschied, de
ung für ihr ungleiches Verha
ihre verschiedene Verwandtsch
mir dieselbe aber vollkommen
so annehmbarer, als sie nicht b
gegenüber den nicht nährend
gegenüber den alkalischen Erd
und somit erklärt, warum auc
Salze löslich sind, jene nicht e

Die Salze von Kalium, R
eine viel geringere Verwandtsch
von Natrium, Lithium, Calciu
Strontium. Wir erkennen die
ohne und diese mit Krystallwa
besonders aus der hiemit üb
dass jene für 1 Molekül wasse
viel mehr Wärme absorbiren al
weise die Lösungswärme für

daher eine beträchtlich geringere Temperaturerniedrigung als das Kalisalz, beziehungsweise selbst eine Temperaturerhöhung wie in dem eben angeführten Fall.

Der Umstand, dass die Salze von Natrium, Lithium und die der alkalischen Erden im gelösten Zustande eine Hülle von festgebundenen Wassermolekülen haben (Hydropleonbildung), macht es nun begreiflich, dass dieselben die nährenden Alkalisalze nicht ersetzen können. Sie sind namentlich für die Contaktwirkung ungeeignet, indem die Wasserhülle des Salzmoleküls sowohl die unmittelbare Annäherung an ein anderes Molekül als auch die Uebertragung der Schwingungen und die Wirksamkeit der anziehenden und abstossenden Kräfte auf dasselbe verhindern oder wenigstens sehr erschweren muss. Auch als vorübergehender Träger von Säureradikalen eignet sich das umhüllte Salzmolekül offenbar weniger gut als das freie Salzmolekül, welches in unmittelbare Berührung treten und seine Verwandtschaft kräftiger geltend machen kann. Desswegen werden Kalisalze von der Ackerkrume und von organisirten Substanzen viel energischer festgehalten als die Natronsalze; die letzteren sind durch ihre Wasserhüllen verhindert, anderweitigen Anziehungen in sehr wirksamer Weise zu folgen.

Zum Schluss scheint es nicht überflüssig, eine kurze Betrachtung über die absoluten und relativen Mengen der einer Nährlösung zuzusetzenden mineralischen Nährstoffe anzustellen, da in dieser Beziehung nicht immer rationell verfahren wird. Zur Beurtheilung stehen nur die Aschenanalysen der Bierhefe zu Gebote. Wir dürfen in derselben als mittleren Werth 7 Proz. Asche annehmen und 0,7 Proz. Schwefel, der nicht in der Asche erscheint. Die Nährsalze müssten, um diesem Verhältniss zu entsprechen, so bemessen werden, dass eine Lösung von Kohlenstoff- und Stickstoff-

aufnehmen können, so sind b
die geringe Mengen von orga
daher nur eine geringe Ernte v
Theile in höheren Verhältniss

Die Pasteur'sche Nährflü
Wasser, 10 g Rohrzucker, 0
und Asche von 1 g Hefe (als
weinsaurem Ammoniak, wenn
Ernährung verwendet wird, sic
bumin oder 0,13 bis 0,17 g
junger Pilzmasse bilden können
Asche geben, so enthält jen
7,7-fache der Aschenmenge, wel
den Pilzen aufgenommen werden
gewicht bei dem Versuche Pa
demselben konnte also nur d
Asche Verwendung gefunden
Hefenasche schwefelfrei ist, so
deihen, insofern sie den nöthi
reinigungen des Zuckers finde
empfehlenswerth, der obigen N
setzen. Auch wäre es zweckm
zu vermehren und, insofern n

körnern oder Cigarren 0,4 g, oder Hefenasche in etwas geringerer Menge.[24])

Da in dieser Nährlösung sich im günstigen Falle 0,5 g und mehr Pilzmasse bilden können, so ist die Aschenmenge nicht zu hoch angesetzt, in Anbetracht dass dieselbe sich oft langsam löst, und dass sie nicht die nämliche Zusammensetzung wie die Asche der entstehenden Pilze besitzt. Aus diesen Gründen ist es aber zweckmässiger, statt wirklicher Asche, die Mineralsalze für die Bereitung der Nährflüssigkeit zu verwenden. 1 g Hefe enthält 0,07 g (schwefelfreie) Asche und darin 0,042 g Phosphorsäure (P_2O_5), 0,028 g Kali, 0,005 g Magnesia und 0,0028 g Kalk. Danach muss die Menge und Beschaffenheit der zuzusetzenden Salze bemessen werden. Von Adolf Mayer wurde schon im Jahr 1869 als Normalmischung empfohlen: 0,1 g saures phosphorsaures Kali (KH_2PO_4), 0,01 g dreibasisch phosphorsaurer Kalk ($Ca_3P_2O_8$) und 0,1 g schwefelsaure Magnesia ($MgSO_4$). Er bezeichnet als bestnährende Lösung für Sprosshefe:

Wasser 100 ccm, Zucker 15 g, salpetersaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, $Ca_3P_2O_8$ 0,05 g, $MgSO_4$ 0,25 g (oder crystallisirte schwefelsaure Magnesia 7 H_2O enthaltend 0,5 g).

In dieser Nährflüssigkeit könnten sich im günstigsten Fall, wenn nämlich alles Ammoniak für Albuminbildung

24) Bezüglich der Wahl dieser Aschen, ist zwar die Cigarrenasche am leichtesten zu beschaffen, ernährt aber, wie es scheint, am wenigsten gut. Bei einem zur Vergleichung angestellten Versuch (1876) bestand die Nährflüssigkeit aus 100 ccm Wasser, 10 g Zucker, 0,1 g neutralem weinsaurem Ammoniak. Drei Proben erhielten a 0,04 g Hefenasche und 0,033 g K_2SO_4. — b 0,06 g mit Phosphorsäure neutralisirte Cigarrenasche, — c 0,04 g mit Phosphorsäure neutralisirte Erbsenasche. Die Spaltpilzvegetation war in a und c äusserst reichlich und fast gleich, in b ebenfalls reichlich aber doch merklich geringer.

verwendet würde (wozu
tauglich ist), 3 bis 4 g
bis 1,7. Theil der vorh
nehmen. Da sich in V
so verbraucht dieselbe r
Salze, die übrigens in r
Nur wird sich der phos
er wurde später als übe

Cohn bediente sic
Mayer angegebenen M
Zucker wegliess, da sich
günstig erweisen soll.[2]
„normale Bacteriennährf

Wasser 100 ccm, w
0,5 g, $Ca_3 P_2 O_8$ 0,05 g

In dieser Nährlösun
das Verhältniss zwische
Mineralstoffen in bedenl
saures Ammoniak giebt
Kohlenstoffverbindungen
weisen, kaum mehr al
weitaus der grösste Th
ohne diesen Verbrennu

Verbindung, die Weinsäure gar nicht assimiliren. 0,1 g Pilzmasse enthält etwa 0,007 g Asche, und es kann die Pilzvegetation nicht mehr als etwa $^1/_{70}$ der in der Nährlösung befindlichen Mineralsalze assimiliren. — Ferner ist zu berücksichtigen, dass jedes Salz, das in einiger Menge gelöst ist, nachtheilig auf die Ernährung der Pilze und bei Spaltpilzkulturen in erhöhtem Grade nachtheilig wirkt, wenn es ein saures Salz und wenn die Nahrung schwer assimilirbar ist. Desswegen halte ich 0,5 Prozent des sauren Phosphats mit 1 Prozent Ammoniaktartrat für eine wenig geeignete Combination.

Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass die angegebene Nährlösung ganz unbrauchbar sei; für viele gröbere Versuche, bei denen es sich nur darum handelt, gewöhnlichere und zähere Formen von Spaltpilzen in irgend einer albuminat- und zuckerfreien Nährlösung zu kultiviren, mag sie genügen. Sie könnte aber bei vergleichenden Versuchen, bei Bestimmung der Grenzen, wo die Ernährungsfähigkeit aufhört, bei Züchtungen empfindlicherer Spaltpilzformen z. B. von Krankheitspilzen und bei Züchtungen stärkerer Formen unter ungünstigen anderen Bedingungen, z. B. auch bei höherer Temperatur, den Beobachter durch eine minimale oder ganz ausbleibende Vermehrung der Pilze leicht irre führen.

Nicht besser ist die Nährflüssigkeit, welche bei dem Aufsehen erregenden Schüttelversuche Horvath's diente, und deren Zusammensetzung in Paris als Geheimniss behandelt wurde, über dessen Entwendung Klage zulässig sei. Sie besteht aus:

Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, Magnesiumsulfat (wahrscheinlich ist das crystallisirte Salz $MgSO_4 + 7H_2O$ gemeint) 0,5 g, $CaCl_2$ 0,05 g[26]).

26) Ich habe schon früher (Theorie der Gärung) die Mischung als unzweckmässig bezeichnet.



dagegen, welche im Allgemeine
Flüssigkeiten am lebhaftesten sich e
thum, besonders wenn Albumin
in manchen Fällen schon durch s
hemmt wird, muss eine Normal
habe daher, als ich die Verwendung
mich folgender Mischung von Mi

A. Dikaliumphosphat (K_2 HP
sulfat ($MgSO_4$) 0,016 g, Kalium
Chlorcalcium ($CaCl_2$) 0,0055 g (
1 g weinsaures Ammoniak).

Diese Salze enthalten die Ele
Magnesium und Calcium in de
Dagegen ist Kali in beträchtliche
nämlich 0,063 statt 0,028 g. D
aber keinen Nachtheil, weil die g
werdendem Kali als Carbonat in d
und die alkalische Reaction etwa
Fällen auch organische Säuren ne

Später wurde das Kalium im
(NH_4) ersetzt, sodass die Misch
Massen gestaltete:

B. K_2HPO_4 0,1 g, $MgSO$
0,017 g, $CaCl_2$ 0,0055 g.

Substanz in die Nährflüssigkeit kommen, wie dies z. B. beim Fleischextract der Fall ist, sich als brauchbar erweisen. Ist dagegen saure Reaction zulässig oder wünschbar, so kann das saure Phosphat angewendet werden:

D. KH_2PO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

Was die absolute Menge der Mineralstoffe in den Nährlösungen betrifft, so hängt dieselbe natürlich von der Menge der Verbindungen ab, welche organische Substanz bilden; sie kann zu niedrig, aber auch, wie ich bereits bemerkt habe, zu hoch gegriffen werden. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass die Pilzzellen gelöste Stoffe sich um so leichter aneignen, in je grösserer Menge dieselben vorhanden sind; dass aber alle Nährsalze von einem gewissen Concentrationsgrad an einen merkbaren schädlichen Einfluss auf das Leben ausüben. Das Optimum ihrer Concentration liegt also wenig unter diesem Grad, und ist je nach der Beschaffenheit der Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen sehr ungleich, indem Lösungen mit Albuminaten (Peptonen) oder Zucker grössere Mengen von Nährsalzen ertragen als solche, die bloss ein Ammoniaksalz oder Asparagin enthalten.

Besonders kann bei Anwesenheit von Zucker das Kaliumphosphat in erheblichen Mengen mit günstigem Erfolge angewendet werden, wie sich dies beispielsweise aus folgendem Versuche (1875/6) ergiebt.

65 a. Auf 100 ccm Wasser 10 g Zucker, 0,5 g neutrales weinsaures Ammoniak, 0,7 g Citronensäure, etwas mit Phosphorsäure gesättigte Erbsenasche.

b. Ebenso mit 0,1 g Dikaliumphosphat.

c. Ebenso mit 0,5 g K_2HPO_4.

d. Ebenso mit 5 g K_2HPO_4.

Die 4 Nährlösungen wurden mit einer geringen Menge Bierhefe, die beinahe spaltpilzfrei war, besäet. Die Vegetation verlief in d am lebhaftesten, in a am trägsten. Der Zucker verschwand zuerst in d, zuletzt in a (nach 16 Tagen).

viel günstigeren Einfluss als auf
am Schluss zahlreiche Sprosspil
b etwas weniger Sprosspilze als
pilze; c viel weniger Sprosspilze
pilze; d nur wenig Sprosspilz
Spaltpilze. In Uebereinstimmung
Befunde war in a keine, in d sel
worden. Die Gewichtsbestimmung
Ernte hatte wegen der ungleicher

Die günstige Wirkung ein
phosphorsaurem Kali auf die Sp
aus dem unten angeführten Versu
K_2HPO_4 ein grösseres Erntegewi
nämlich die 12fache Vermehrun
der 10fachen Vermehrung.

Von schlecht nährenden K
verbindungen darf in vielen Fä
Lösung angewendet werden, von
organischen Säure), wenn dieselb
im Allgemeinen nicht mehr al
einem solchen Falle bloss etwa
substanz umwandelt, so bedarf es
Mengen von Mineralstoffen. Da
gehenden Verdünnungen dem W

bination dürfte wohl für die Mehrzahl der Fälle als Optimum zu bezeichnen sein. Die Normalnährflüssigkeit für Spaltpilze bei Anwendung eines Ammoniaksalzes ist demnach übereinstimmend mit C:

I. Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, K_2HPO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

Hierin kann das weinsaure Ammoniak durch gleiche Mengen von essigsaurem Ammoniak, milchsaurem Ammoniak, citronensaurem Ammoniak, bernsteinsaurem Ammoniak u. s. w. oder von Asparagin, Leucin u. s. w. ersetzt werden.

Bei Anwendung von besseren Kohlenstoff- und Stickstoff-haltigen Nährsubstanzen ist es zweckmässig, die Mineralstoffe zu vermehren. Als Normalnährflüssigkeiten für Spaltpilze können noch folgende zwei gelten:

II. Wasser 100 ccm, Eiweisspepton (oder lösliches Eiweiss) 1 g, K_2HPO_4 0,2 g, $MgSO_4$ 0,04 g, $CaCl_2$ 0,02 g.

III. Wasser 100 ccm, Rohrzucker 3 g, weinsaures Ammoniak 1 g, Mineralstoffe wie in II.

Statt 1 g weinsaures Ammoniak kann in III die gleiche Menge eines andern organischen Ammoniaksalzes oder 0,5 g salpetersaures Ammoniak oder 0,7 g Asparagin oder 0,4 g Harnstoff verwendet werden.

In den drei letzten Nährlösungen können die mineralischen Nährsalze durch Asche ersetzt werden und zwar am besten durch eine kalireiche Asche. Dieselbe muss mit Phosphorsäure gesättigt werden. Auf 100 ccm Lösung bedarf es für I 0,2 g, für II und III 0,4 g Asche.

Es giebt Spaltpilze, für welche die unter II und III angegebenen Nährlösungen mit Vortheil in ihrer Concentration erhöht werden; andere dagegen (besonders Krankheitspilze), die in einer verdünnteren Lösung besser gedeihen und für welche daher die in 100 Wasser enthaltenen Gewichtsmengen zweckmässig auf $^2/_3$ oder $^1/_2$ herabgesetzt werden. Die Nährflüssigkeiten II und III sind äquivalent der Nor-

mallösung von 1 Proz. Liebig'schem Fleischextract, für die Kultur der nämlichen Pilze weniger günst erweist als eine 0,5 proz. Lösung. 1 g Fleischextra hält im Mittel 0,2 g Aschenbestandtheile und 0,6 liche organische Verbindungen.

Dagegen zeigt sich die nachtheilige Wirkung e geringen Menge von Mineralstoffen bei guter Kohl nahrung deutlich aus den oben unter Nr. 52 ange Versuchen, wo die Sprosshefe in einer Nährlösung, 100 ccm Wasser 10 g Zucker, 0,5 g weinsaures Amı 0,035 K_2HPO_4, 0,006 $MgSO_4$, 0,0061 $(NH_4)_2S($ 0,0015 $CaCl_2$ enthielt, nur mit Durchleitung von Lu vermehrte, ohne Durchleitung von Luft dagegen s ringe Zunahme oder selbst Abnahme ihrer Albumin fuhr.

Die folgenden Versuche wurden von Dr. O. ausgeführt und beschrieben.

66. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Schimmel Bei dieser Versuchsreihe (Mai 78) wurde eine Nähr von folgender Zusammensetzung verwendet:

[redacted]

salzes versehen (also mit 1,36 g des ersteren und 1,68 g des letztren). Die ausgesäten Schimmelsporen entwickelten sich auf allen vier Lösungen, doch ungleich rascher bei c und d als bei a und b, welch' letztre auch weit weniger fructificirten.

Die Ernte betrug nach 7 Wochen bei:

		Stickstoffgehalt:
a . . .	0,520 g . . .	4,24 Prozent
b . . .	0,575 . . .	4,03
c . . .	1,359 . . .	5,42
d . . .	1,237 . . .	5,48

Während bei a und b der getrocknete Schimmel sehr zähe und kaum in der Porcellan-Schale zu zerreiben war, vielleicht in Folge des grösseren Cellulosegehaltes, war er bei c und d äusserst leicht zum feinsten Pulver zerreiblich. Der Stickstoffgehalt bei c und d war wie die Analyse ergab nahezu gleich und nicht unbeträchtlich höher als bei a und b. Einen misslichen Umstand bei diesem Versuche bildete die Schwierigkeit, Zucker gänzlich frei von jeder Spur Kali zu erhalten. Die niedern Pilze können aber erstaunlich geringe Mengen von Mineralstoffen haushälterisch verwerthen und darauf beruht auch sicherlich, dass bei a und b sich überhaupt Schimmelvegetation entwickeln konnte. In der That liessen sich in der Asche dieser Ernten minimale Mengen Kali deutlich nachweisen, ein Umstand, welcher die Nothwendigkeit von Kontrollversuchen klar darlegt.

67. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Spaltpilzen. Dieser Versuch wurde gleichzeitig mit dem vorhergehenden angestellt und auch dieselben Nährlösungen verwendet, mit dem Unterschiede jedoch, dass mit Ammoniak neutralisirt wurde. Die Menge der Nährflüssigkeit betrug je 125 ccm. Die Spaltpilze entwickelten sich der eintretenden Trübung nach zu urtheilen am schnellsten in der Rubidiumnährlös-

getrieben, die sich in etwas sc
der Kalium-, gar nicht aber
monium-Nährlösung zeigte. Di
schon ganz trüb, während diejen
diejenige ohne fixe Alkalien noch
trübten sie sich ebenfalls und d
nahm auch eine schwach gelbgrün
lich waren die Pilze in allen
wickelt. Die in einer gewissen
schwundene Menge organischer S
der Entwicklung und Lebensene
als nach 7 Wochen diese Bestimn
sollte, zeigte es sich, dass dies
langer und der Verbrennungspr
dem Ende nahe war.

68. Ernährung mit Rubidi
(Mai 78.)

Hiezu diente folgende Nährl

a) Wasser . . .
Zucker . . .
Ammonsulfat .
Diammonphosphat
Mono-Ammontartr

rütkasten bei constantem Luftstrom statt. Nach 26 Stunden urde absetzen lassen und der Versuch beendet. Es erab sich bei einer Aussaat von 0,650 g frischer Bierhefe rnte bei:

a . .	0,674 g
b . .	0,689
c . .	0,862
d . .	1,001

Also auch hier konnte Rubidium die Function des Kaliums nicht nur übernehmen, sondern in höherem Grade usüben. Der Stickstoffgehalt der Rubidiumhefe betrug ,34 Prozent; auch wurde das Rubidium in der Asche dieser Iefe nachgewiesen.

69. Ernährung mit Rubidium- und Caesiumsalzen ei Schimmelpilzen (Mai 1879).

Da bei den vorhergehenden Versuchen (66, 67 und 68) lie Nährlösungen mit Ammon- und Natriumsalzen ziemlich eichliche Vegetationen ergeben hatten, was möglicher Weise uf Rechnung der Verunreinigung der übrigen Nährstoffe amentlich des Zuckers kam, so wurden jetzt nur Substanzen rerwendet, welche leicht kalifrei zu erhalten sind und ferner lie Glaskolben durch cylindrische gut verzinnte Blechgefässe ersetzt. Das Resultat war denn in der That erheblich rerschieden und die Ernten bei mangelndem Kalizusatz relativ weit unbedeutender.

Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	500
Glycerin	20
Ammonacetat . . .	5
Ammonsulfat . . .	0,1
Diammonphosphat . .	2,0
Magnesiumsulfat . .	0,08
Calciumchlorid . . .	0,03
Essigsäure	4,0

c) die aequivalente Menge des
d) „ „ „ „
e) „ „ „ „

Nach 2 Wochen war der
einerseits und c, d und e and
worden; letztre drei Gefässe scl
Schimmelrasen zu haben, die
waren, während bei a und b sich
zeigten. Nach drei Wochen bet

a . . 0
b . . 0
c . . 1
d . . 2
e . . 2

Es ergiebt sich hieraus auf'
bidium und Caesium das Kaliun
vortheilhaft zu ersetzen vermöge
nicht und sind den Ernten bei
Spuren von Kali in der Nährlösu

99,f. Auch Lithium vermag
setzen, denn bei einem Versuche
monacetat enthaltenden Nährlösu
des Kaliumphosphats vorhanden v

nähere quantitative Angaben über den Einfluss dieser Steigerung zu erhalten. Gleichzeitig damit wurde ein Versuch mit gesteigerter Ammoniakmenge gemacht.

Die Nährlösung a bestand aus:

Wasser	200	g
Zucker	20	
Diammontartrat . .	1	
Dikaliumphosphat .	2	
Magnesiumsulfat .	0,012	
Ammoniumsulfat .	0,013	
Calciumchlorid . .	0,003	

Bei b war die Menge des Kaliumsalzes auf das Doppelte vermehrt, bei c aber gleichzeitig dieses und das Ammontartrat auf's Doppelte. Die Kolben wurden mit je 0,566 g Trockensubstanz entsprechender Hefemenge beschickt und im Brütkasten mit einem continuirlichen Luftstrom behandelt. Nach 12 Stunden war die Gärung beendet und zeigte die Hefe bereits beträchtliche Zunahme. Die Reaction war schwach sauer. Das Volum der Nährlösung wurde nun auf $^1/_2$ Liter erhöht und nach wieder vollendeter Gärung auf 1 Liter. Da bereits Spaltpilze sich einzustellen begonnen hatten, wie das Microscop erwies, so wurden die Ernten jetzt bestimmt. Es ergab sich bei

a = 5,56 g = 9,82faches der Aussaat [27])
b = 6,41 g = 11,32 „ „ „
c = 6,77 g = 11,92 „ „ „

Da die Dauer der Gärungszeit nur 64 Stunden betrug, so ist diese Zunahme gegen frühere Versuche mit geringeren Phosphatmengen eine sehr bedeutende zu nennen.

---

27) Die Hefe a war locker und klumpig, b und c aber schlammig wie normale Bierhefe. Unter dem Microscope zeigte c mit sehr grossen Zellen die beste Entwicklung.

Ferner ergiebt sich, dass die Erhöhung des P
von 1 Prozent auf 2 bei diesem Versuch eine Ver
von 0,85 g im Gefolge hatte, die gleichzeitige Ver
des Phosphats und des Ammonsalzes eine solche u
Diese Mengen erscheinen gegenüber der Zunahme
3 Fällen nur unbedeutende.

Von der Hefe c wurde eine 1,51 g Trocken
entsprechende Menge in je 1 Liter Nährlösung (c)
und die erste Flasche bei 15—18°, die zweite bei
mit einem continuirlichen Luftstrom behandelt; er
eine Verdoppelung der Aussaat in 42 Stunden, letztr
in 18. Unerwähnt kann jedoch nicht bleiben, d
bei diesen so günstigen Resultaten allmälig Spaltp
traten und nach jeder Erneuerung der Nährlösu
nahmen.

71. Ernährung mit Kalk, Baryt, Strontian und M
bei Schimmelpilzen (Juni 1879).

Die Ersetzbarkeit der Kaliumsalze durch Rubidi
bei den niedern Pilzen liess vermuthen, dass hier a
Ersatz des Calciums durch Magnesium, Baryum oder St
möglich sei. Der Versuch hat dieses im Allgemei
stätigt, wenn auch die Erntemengen in den versch
Fällen sehr von einander abwichen. Zu den Ve
diente Schimmel — wie immer Penicillium — welc
je ½ Liter einer 3prozentigen Nährlösung von essig
Ammoniak ausgesät wurde, welch' letztres sehr leicht f
allen fixen Mineralstoffen zu erhalten ist. Dikaliumpl
war überall gleichviel vorhanden, nämlich 0,1 Prozen
Schwefelquelle diente unterschwefelsaures[28]) A
(0,04 Prozent) da die Schwefelsäure wegen des vergleic
Versuchs mit Baryumsalzen vermieden werden musst

28) Aus Sulfiten und Hyposulfiten vermag der Schwefel el
als aus Sulfaten assimilirt zu werden, wahrscheinlich auch a
säuren; dagegen nicht aus Sulfoharnstoff und Rhodanammonium

Spaltpilze auszuschliessen war anfänglich mit 1 Prozent Essigsäure angesäuert worden; da aber diese Menge bei solch' schlechten Nährstoffen auch für Schimmel antiseptisch wirkte, so wurde nach 2 Wochen die Säure zu dreiviertel mit titrirter Ammonflüssigkeit abgestumpft, worauf dann Schimmel sich entwickelte.

Die Normallösung erhielt 0,016 Prozent $MgCl_2$
und 0,006 Prozent $CaCl_2$
womit dann Lösungen mit Abwesenheit dieser Nährsalze und Ersatz des Ca durch Ba und Sr bei An- und Abwesenheit von Magnesiumsalz verglichen wurden. Die folgende Tabelle erläutert diese Combinationen (a—h). Da wo nur Calcium und nur Baryum vorhanden war, stellte sich eine Rothfärbung der Flüssigkeit ein, auch hatten sich hier nächst der Normallösung die meisten Sporen gebildet, während bei den übrigen die Sporenbildung nur sehr gering war oder fehlte. Die Sporen hatten überall eine röthliche Färbung.

Die nach 7 Wochen gesammelte und getrocknete Ernte betrug bei:

a)	Mg,	Ca . .	0,498 g
b)	Mg,	— . .	0,153
c)	—	Ca . .	0,491
d)	—	— . .	0,026
e)	Mg,	Ba . .	0,201
f)	Mg,	Sr . .	0,190
g)	—	Ba . .	0,216
h)	—	Sr . .	0,103

Es ergiebt sich hieraus, dass bei Abwesenheit von alkalischen Erden bei d sich nur eine Minimalmenge Schimmel entwickelte [29]), und dass jene 4 Elemente sich bei den Schimmel-Pilzen zu einem gewissen Grade vertreten können.

29) Vielleicht in Folge der haushälterischen Verwerthung der in den ausgesäten Sporen enthaltenen Mineralstoffe.

72. Ausschluss von Chlor und Schwefel bei Schim pilzkulturen. Als Nährmittel wurde Ammonacetat a wendet. Im einen und andern Falle entwickelte sich nicht unerhebliche Schimmelvegetation. Die Vermuth jedoch, als sei bei dem Ausschluss von Schwefel auch schwefelfreier Proteinkörper entstanden, bewahrheitete nicht; denn die Ernte gab mit schwacher Kalilösung wärmt, nach dem Ansäuern, auf einem darüber gehän mit Bleiessig getränkten Papierstreifen sofort eine deutli Reaction auf Schwefelwasserstoff zu erkennen.[30]) Entwe haben hier kaum nachweisbare Spuren von Sulfaten in verwendeten Nährsubstanzen eine Rolle gespielt oder fanden aus der Luft Spuren von Schwefelwasserstoff ih Weg in die mit Baumwollpfropf verschlossenen Kolben, dann zur Assimilation dienten.

73. Diosmose von Kalium- und Natrium-Phosph Bei den Fragen, die wir uns über die physiologische Ro der Mineralstoffe vorlegten, schien es wünschenswerth, ü die relative Schnelligkeit der Diosmose des Kalium- u Natriumphosphats in verdünnter Lösung einige Versu anzustellen.

5 g Dikaliumphosphat, in 200 cc Wasser gelöst wur in einem cylindrischen, oben offenen, unten mit Pergame papier verbundenen Gefäss 36 Stunden bei 18—20° di miren lassen. Das in die äussere Flüssigkeit übergegange Phosphat betrug nach dem Abdampfen und Glühen 1,850 entsprechend 1,951 g K_2HPO_4. Das Diaphragma ha 44,1 qcm also waren per Stunde und Quadratcentime 0,00126 g diosmirt.

---

30) Auf diese Weise lässt sich auch der Schwefelgehalt des Sp pilzproteins unzweifelhaft darthun. Schon sehr kurze Erwärmung Pilze mit sehr verdünnter Kalilösung reicht hin, den Schwefel theilw abzuspalten.

In ganz gleicher Weise wurde der Versuch mit der aequivalenten Menge Dinatriumphosphat angestellt und die Menge des per Stunde und Quadratcentimeter diosmirten Na_2HPO_4 zu 0,00133 g gefunden. Das moleculare Verhältniss des diosmirten Kalium- und Natriumsalzes ist daher 1:1,291. Im Anschluss hieran fragte es sich, wie sich die Diosmose dieser Salze gegeneinander gestalten würde. Es wurde desshalb eine Lösung von 5 g Dikaliumphosphat in 200 cc Wasser in den Dialysator (40 qcm) gegeben und gegen 200 cc Lösung der aequivalenten Menge Dinatriumphosphat diosmiren lassen. Die übrigen Verhältnisse (Zeit und Temperatur) waren genau dieselben wie oben. Aus der äussern Flüssigkeit wurde nachher erhalten: 2,679 Kaliumplatinchlorid. In der innern Flüssigkeit wurde der Gesammtglührückstand bestimmt und davon die darin enthaltene Phosphorsäure und Kali abgezogen. Aus der Differenz berechnete sich die Menge des Dinatriumphosphats zu 0,957 g. Es war also per Stunde und Quadratcentimeter 0,000666 g Dikaliumphosphat nach aussen und 0,000662 g Dinatriumphosphat nach innen diosmirt. Die Diosmose war also hier noch einmal so langsam wie oben, und als moleculares Verhältniss ergiebt sich 1:1,217.



Ueber das Wachsthum der Stärkekörner durch Intussusception.

In Nr. 12 der botanischen Zeitung vom Jahr 1881 ist von Hr. A. F. W. Schimper ein Angriff auf die Lehre, dass die Stärkekörner durch Intussusception wachsen, gemacht und dieselbe nach seiner Meinung auch vollständig widerlegt worden. Obgleich ich als Urheber der vermeintlichen Irrlehre zunächst bei der Sache betheiligt scheine, so würde ich, meiner Gewohnheit treu bleibend, mich nicht zu einer Gegenäusserung veranlasst gesehen haben, wenn nicht Anfragen und Aufforderungen und zwar von sehr achtbaren Seiten mich dazu veranlasst hätten, mit dem Hinweise darauf, wie wichtig die allgemeine Theorie des Wachsthums organisirter Gebilde für viele andere Forschungen sei, und dass der Versuch zur Wiederherstellung der alten Appositionstheorie ziemliches Aufsehen errege.

Zunächst darf ich wohl eine Bemerkung über meine eben erwähnte Gewohnheit machen; sie wird zugleich als passende Einleitung zu der Gegenkritik dienen. Die Botanik ist noch weit davon entfernt, eine exacte Wissenschaft zu sein; einige Disciplinen, die der experimentellen Behandlung fähig sind, machen zwar eine vortheilhafte Ausnahme. Im Uebrigen aber hält man es für zulässig, namentlich die Physiologie in der Art zu behandeln, dass man unmittelbar aus morphologischen Beobachtungen Schlüsse zieht, ohne

die physiologischen Grundlagen, auf denen sie a
werden sollten, zu berücksichtigen, oft selbst ohn
Grundlagen überhaupt zu kennen.

In Folge dessen können wir die Veröffentlichu
der periodischen botanischen Presse, wozu namentli
die vielen Vereinsschriften gehören, in zwei Ka
theilen. Unter der Unzahl von Artikeln sind es ei
nicht sehr viele, die die Wissenschaft wirklich
Die anderen enthalten theils unkritische Meinung
sehr relativem Werth, theils Beobachtungsthatsach
Thatsächelchen, die jeder, der darauf ausgeht, in Hü
Fülle auffinden kann, und die, weil mit dem bis
Wissen nicht in gehörige Beziehung gebracht, ebenfa
einen sehr relativen Werth besitzen. Ich halte n
zweite Kategorie von Publikationen nicht für unnüt
dieselben im Allgemeinen auch dilettantenhaft, so be
und unterhalten sie doch die Theilnahme an wissen
lichen Dingen in weiteren Kreisen. Aber sie ve
fast ebenso viel Irrthum als Wahrheit und dienen
falls nicht dazu, das Ansehen der Wissenschaft zu e

Ein unbestrittenes Ansehen wird die Botanik e
winnen, wenn das Bewusstsein allgemeiner wird, d
Meinung oder eine Theorie nur dann Anspruch
rechtigung machen kann, wenn sie allen bekannten
sachen genügt, und dass sie durch eine einzige widerspr
Thatsache, wenn dieselbe auch weit abliegt und mö
Weise einer anderen Wissenschaft angehört, als zwe
oder unrichtig hingestellt wird, — dass ferner eine
achtungsthatsache ihren wissenschaftlichen Werth ers
die logische Verknüpfung mit allen anderen Tha
und Gesetzen erlangt, und dass sie ohne diese Verkn
als sogenanntes „schätzbares Material für spätere Fo
so gut als werthlos ist, weil gewöhnlich nur diejeni
obachtungsthatsache sich als wissenschaftlich brauchb

eist, welche mit bestimmten theoretischen Vorstellungen ewonnen, mit Rücksicht auf dieselben und das ganze bisrige Wissen controlirt und wo möglich mit passenden ersuchen verglichen wird.

Ein unbestrittenes Ansehen wird sich also unsere Vissenschaft erst erringen, wenn wenigstens die ernsthafteren ertreter derselben sich entschliessen, das Beispiel der Phyiker nachzuahmen und sowohl in den morphologischen ingen als in allen Gebieten der Physiologie eine streng ritische und exacte Methode zu befolgen, — und wenn erner ein angesehenes Organ sich die Aufgabe stellt, nicht ur die morphologischen, sondern auch die physiologischen rtikel einer strengen Prüfung zu unterwerfen und ungeaue Arbeiten entweder zurückzuweisen oder doch auf die auptsächlichsten Irrthümer derselben hinzudeuten. Ein olches Organ, das überdem es unternimmt, stets alle virklichen Errungenschaften auf dem exacten Felde der Wissenschaft zusammenzufassen und die verfehlten Versuche ntweder ausdrücklich oder stillschweigend zu beseitigen, nacht sich immer mehr als ein wirkliches Bedürfniss fühlbar und wird früher oder später in irgend einer Form gewiss auch ins Leben treten. Dasselbe wird besonders für die Verbreitung wissenschaftlicher Wahrheit in weiteren Kreisen und Bewahrung vor Irrthümern sehr wohlthätig wirken, da jetzt in dem Widerstreite berechtigter und unberechtigter Meinungen nur der Eingeweihte ein Urtheil hat.

Für den Fortschritt der Pflanzenphysiologie als interne Wissenschaft sind allerdings unkritische Meinungen und unexacte Arbeiten unschädlich. Denn derjenige, der berufen ist, die Wissenschaft um einen Schritt vorwärts zu bringen, wird immer wieder an die lauteren Quellen gehen und auf den feststehenden Grundlagen weiter bauen. Dies ist der Grund, warum ich, wie noch mancher Forscher, gewöhnlich irrthümliche Behauptungen, auch wenn

gegen die strengen Forderungen
wird, ist die Molekularphysiolog
man ziemlich allgemein jede M
lange zu fragen, ob sich dieselbe
sikalischen und mechanischen G
Ein solches unkritisches Verfahr
führten Schimper'schen Aufsatz
selben giengen morphologische
welche sehr werthvolle neue Th
und durch welche sich der Verf
Theorie des Wachsthums berech
ungen zwischen den neuen morp
und der neuen physiologischen
etwa derart, dass jene unmitte
würden. Dagegen wäre allerding
wägung geboten gewesen, ob d
thum durch Intussusception irgen
Erweiterung oder Beschränkung

Der Verfasser geht aber v
aus der Beobachtung, dass den e
körnern auf der Seite der grösste
Plasmakörper aufgesetzt ist, und
ung, dass auf alten corrodirten
Stärkemassen auftreten, entnimm

Ein solches Verfahren ist charakteristisch für die Kurzsichtigkeit ausschliesslicher morphologischer Anschauung, welche stets die nächstliegende physiologische Möglichkeit für erwiesene Nothwendigkeit hält. Es muss doch einer besonnenen Logik klar werden, dass das Aufsitzen eines Plasmakörpers an einer bestimmten Stelle bloss über die Richtung des Wachsthums, nicht aber über die Art und Weise desselben entscheidet, und dass, wenn anderweitige Thatsachen und Erwägungen die Intussusception verlangen, aus der Beobachtung des Verfassers über das Weiterwachsen corrodirter Körner bloss zu folgern ist, es könne unter bestimmten Umständen das Intussusceptionswachsthum, statt in der früheren Weise sich fortzusetzen, in neuer Form beginnen, wie dies bei der Membranbildung als Ausnahmsfall schon lange angenommen werden muss. Diese zwei Folgerungen sind, wie mir scheint, so selbstverständlich, dass es überflüssig ist, sie näher zu begründen. Ich werde übrigens später hierauf zurückkommen.

Die Frage, ob die Stärkekörner durch Auflagerung oder durch Einlagerung wachsen, muss also nach wie vor durch die unbestreitbaren Thatsachen entschieden werden, dass in dem anfänglich dichten Korn ein weicher Kern und späterhin in den auf eine gewisse Mächtigkeit angewachsenen dichten Schichten je eine weiche Schicht eingeschaltet wird. Diese Thatsachen waren für mich seiner Zeit die Grundlage der Intussusceptionstheorie, durch die sie auch vollständig erklärt werden. Dieselben gelten auch dem Verfasser als unbestritten; er versucht aber das Unmögliche, indem er sie aus der Apposition ableiten will. Die Streitfrage reduzirt sich also auf eine mechanisch-physiologische Aufgabe, — und der zweite Aufsatz des Verfassers beschäftigt sich denn auch vorzugsweise mit diesem molekular-mechanischen Problem.

Um eine bestimmte mechanische Aufgabe zu
muss man die Lage der Körper und die Kräfte,
sie einwirken, kennen. Beim Wachsthum der Stärk
treten Lageveränderungen von Substanztheilchen und
molekülen ein; man muss also eine bestimmte Vor
von der sich bildenden Anordnung der Substanz u
Wassers, sowie von den zwischen beiden bestehenden
haben. Ohne eine solche Vorstellung kann von
mechanischen Problem überhaupt nicht die Rede sei

Was meine Theorie der Intussusception betri
nahm ich an, dass das Stärkekorn aus unsichtbar
Theilchen (jetzt Micelle genannt) bestehe, die von k
linischer Beschaffenheit sind und wie Krystalle w
und die im imbibirten Zustande an der ganzen Obe
sich mit Wasser benetzen, indem sie bis auf eine g
Entfernung eine grössere Anziehung zu Wasser, d
hinaus aber eine grössere Anziehung zu Substanz g
machen. Diese Annahmen waren nicht willkürlich ge
sondern durch bestimmte Thatsachen dargeboten, un
ihnen ergaben sich folgerichtig die verschiedenen
schaften organisirter Substanzen, sowie auch das W
thum durch Intussusception und die Mechanik de
bei den Stärkekörnern.

Was die neue Theorie der Apposition betrif
äussert sich der Verfasser über die Grundlagen
mechanischen Betrachtungen gar nicht, — und es i
selbst zweifelhaft, ob er über dieselben überhaupt ei
stimmte Ansicht habe. Da er den ganzen mechan
Theil seiner Theorie meiner Schrift über die Stärke
entlehnt, so erhielt ich durch den ersten Theil des
satzes die Meinung, dass er von der Micellartheorie
gehe, denn die mechanische Ausführung gilt nur für
lösen Aufbau und hat für eine andere Beschaffenhei
Substanz keinen vernünftigen Sinn. Aber diese Me

wurde durch später folgende Bemerkungen wieder wankend. Die Terminologie giebt keinen Aufschluss, indem die nächsten Bestandtheile der Stärkekörner und somit die Elemente der mechanischen Betrachtung mit dem Namen „Moleküle" bezeichnet werden, ein Ausdruck, der offenbar aus meiner Schrift über die Stärkekörner mit herüber gekommen ist.

Die Moleküle oder Molekeln waren vor mehr als 20 Jahren, als ich über die Stärkekörner schrieb, nach dem Sprachgebrauch der Physiologen die Theilchen der organisirten Körper und identisch mit den jetzigen Micellen. Erst später hat die Chemie die Benennung Moleküle für die früheren „zusammengesetzten Atome" angenommen, wodurch der Sprachgebrauch der Physiologen unhaltbar wurde. Wenn der Physiologe jetzt von Stärkemolekülen spricht, so versteht er darunter die Moleküle der Chemie; und die grosse Mehrzahl der Leser dürfte mit den „Molekülen" des Verfassers den nämlichen Begriff verbunden haben.

Wenn also der Verfasser nicht die chemischen Moleküle meinte, so hätte er es zur Aufklärung des Lesers sagen sollen. Dass er aber die chemischen Moleküle nicht meinen konnte, geht unwiderleglich aus der mechanischen Ausführung hervor, denn diese passt nur für die Micelle. Aus benetzten Stärkemolekülen der Chemie käme nicht einmal eine dichte Stärkesubstanz, wie sie alle Stärkekörner besitzen, zu Stande, sondern immer nur eine sehr wasserreiche Masse. — Somit muss ich die „Moleküle" des Verfassers für Micelle halten, wenigstens soweit es die mechanische Ausführung betrifft, und ich werde auch für die folgende Besprechung die Micellartheorie um so mehr als zu Recht bestehend betrachten, als sie die einzig mög-liche ist.

Gehen wir zu der mechanischen Theorie selbst über, so hat, wie schon gesagt, der Verfasser dieselbe unverändert meiner Abhandlung entnommen, bis auf diejenigen Entwickelungen, welche mit seiner Meinung über das Wachs-

thum sich nicht vereinen lassen. Diese erklärt er säm lich für unbestimmt, unklar, unverständlich, und da vielleicht fühlt, dass ein solches Verfahren doch nicht g unbedenklich ist, so sagt er, es sei Sachs ebensow gelungen, dieselben zu verstehen, so dass dadurch m Schreibweise wenigstens bezüglich jener Abhandlung einem wenig vortheilhaften Lichte erscheint.

Gegen diese Ausstellung darf ich vielleicht pro d bemerken, dass mir sonst nicht gerade Unklarheit vo worfen wird, und dass ich, ehe ich veröffentliche, mir Mühe nehme, die betreffende Sache wo möglich von a Seiten anzusehen und darüber vollkommen ins Reine kommen. Ferner, dass Sachs nur bei einem ganz spezie Punkt, nämlich bei der Kerntheilung, sich äussert, es ihm „meine Ansicht von der Ursache dieser Erschein nicht ganz klar geworden", — was wohl daher kom dass ich das genannte Problem, weil die Ausführung Einzelnen verschiedene Möglichkeiten darbietet, nur g allgemein behandelt habe, und dass der Verfasser ei Handbuches sich nicht bei jedem einzelnen Gegensta wenn derselbe nicht von hervorragender Bedeutung lange aufhalten kann.

Eine andere Pflicht liegt freilich dem Monograp ob, der eine bestehende allgemeine Theorie durch e andere ersetzen will. Derselbe sollte sich die Mühe ge die bisherige Theorie zu verstehen, und bedenken, d mechanische Probleme ohne eine unleidliche Breite nicht leicht verständlich zu machen sind wie etwa eine morp logische Beschreibung, und dass daher dem Leser imm noch eigenes Nachdenken zugemuthet werden muss. sollte ferner berücksichtigen, dass aus einem zusammen hörigen System von mechanischen Folgerungen nicht e fach und ohne Begründung die eine Hälfte angenomm die andere zurückgewiesen werden darf. Der Schluss sei

Artikels, von dem ich ebenfalls am Schlusse sprechen werde, zeigt freilich, dass der Verfasser auch über die von ihm als richtig angenommene Hälfte nicht zum klaren Verständniss gelangt ist.

Wie bereits bemerkt muss die Thatsache, dass in dem kleinen dichten Stärkekorn und in den dichten Schichten der grösseren Körner sich eine weiche Masse ausscheidet, den Ausgangspunkt für jede Theorie des Wachsthums bilden. Dies anerkennt auch der Verfasser, sagt aber, dass jene Thatsache durch längst bekannte physikalische Eigenschaften der Stärkekörner erklärt werde und formulirt dann diese Eigenschaften und die Folgerungen daraus in einer Weise, die mir nicht annehmbar erscheint.

Die erste Behauptung betrifft die Cohaesion und Dehnbarkeit der Stärkesubstanz. Bei Anwendung von Druck sollen sich in den Stärkekörnern nur radiale, die Schichten rechtwinklig durchbrechende und keine tangentialen, mit den Schichten parallelen Risse bilden, selbst „wenn die Stärkekörner auf das Mehrfache ihrer Durchmesser durch Druck ausgedehnt werden." Daraus wird geschlossen, dass „die Cohaesion des Stärkekorns in der tangentialen Richtung sehr gering, in der radialen hingegen sehr gross sei; dass die Substanz in letzterer Richtung sehr dehnbar sei, während Dehnbarkeit in tangentialer Richtung vollständig zu mangeln scheine."

Bezüglich dieser auffallenden Meinung ist der Leser natürlich sehr gespannt darauf, durch welche Structur ein so gearteter Gegensatz zwischen radialer und tangentialer Richtung zu Stande komme. Denn nach den vorliegenden Thatsachen erwartet man das Gegentheil, nämlich eine schwächere Cohaesion in radialer Richtung, weil in dieser Richtung die alternirend wasserreichen Schichten dem Zug nur einen sehr geringen Widerstand darbieten. Die Neugierde bleibt aber unbefriedigt, denn eine Erklärung wird weiter nicht versucht.

Indessen ist die Basis selbst, auf welcher die Mein
beruht, nicht solid. Uebt man auf ein in Wasser liegen
Stärkekorn einen Druck aus, so sieht man allerdings
radiale Risse, woraus indessen nicht folgt, dass die t
gentialen mangeln. Man stelle sich einmal die Frage,
denn tangentiale Risse zur Ansicht kommen können.
sieht dann leicht ein, dass Risse, die mit den Schich
parallel gehen, gar nicht sichtbar sind. Die radial
Risse werden sehr deutlich, weil sie unter dem Auge
Beobachters senkrecht stehen und die dichten Schich
durchbrechen, weil sie somit auf eine beträchtliche H
den Gegensatz zwischen Wasser und dichter Subst
zeigen. Die tangentialen Risse dagegen können, a
wenn sie vorhanden sind, nicht gesehen werden, theils
sie die Gestalt der Oberfläche eines stark zusammen
drückten Ellipsoids besitzen und demnach nur auf eine
ringe Höhe sich in senkrechter Lage befinden, — th
aber namentlich desswegen, weil sie innerhalb der weic
Schichten auftreten, und weil ein mit Wasser gefüll
Riss von der weichen wasserähnlichen Substanz nicht unt
schieden werden kann.

Man könnte nun meinen, — und darauf deutet a
eine Bemerkung des Verfassers, — dass, wenn durch Dr
sich zugleich radiale und tangentiale Risse bildeten,
Substanz des Stärkekorns in viele Stücke zerfallen müs
Dass dies aber nicht der Fall sein kann, ergiebt sich e
fach aus einer genauen Erwägung der Sachlage. Bei e
seitigem Druck bilden sich natürlich nur solche radi
Risse, deren Fläche mit der Richtung des Druckes para
geht, wodurch die Substanz des Korns in Kugelsecto
oder Kugelkeile (mit kugelzweieckiger Grundfläche) z
fällt; und diese Kugelsectoren zerfallen ferner durch
tangentialen Risse in concentrische, bandförmige Schal
Zu einem Ablösen von Stücken ist also bei vorsichtig

Drucke auch bei Anwesenheit von tangentialen Rissen keine Veranlassung geboten.

Wir fragen uns ferner, was müsste geschehen, wenn die Stärkekörner einer Gestaltsveränderung, bei welcher die einen Durchmesser sich auf das Mehrfache verlängern, lediglich durch Dehnbarkeit ihrer Substanz in radialer Richtung, wie der Verfasser behauptet, genügen wollten. Offenbar müssten Verschiebungen der Micelle stattfinden; denn wir könnten nicht annehmen, dass dieselben in radialer Richtung einfach auseinander weichen, und dass die Zwischenräume sich mit Wasser füllen, weil ja damit die Elastizitätsgrenze weit überschritten und die Cohaesion in dieser Richtung ganz aufgehoben würde. Wenn aber eine Verschiebung der Micelle aus der tangentialen in die radiale Anordnung möglich ist, warum kann nicht auch das Umgekehrte stattfinden, da doch annähernd die nämlichen Molekularkräfte überwunden werden müssten; warum bilden sich radiale Risse, statt dass eine Verschiebung aus der radialen in die tangentiale Anordnung eintritt?

Nach meiner Ansicht entstehen, wenn man einseitigen Druck auf die Stärkekörner einwirken lässt, sowohl tangentiale als radiale Risse. Daraus lässt sich sohin kein Schluss auf ungleiche Cohaesion und Dehnbarkeit in verschiedenen Richtungen ziehen. Aus anderweitigen Gründen müssen wir die Cohaesion des ganzen Korns in radialer Richtung für geringer halten als diejenige in den tangentialen Richtungen (wegen der abwechselnden dichten und weichen Schichten), die Cohaesion der einzelnen Schichten aber, wenigstens der dichten Schichten, in radialer Richtung für grösser als diejenige in den tangentialen Richtungen, weil in jener weniger Wasser zwischen die Micelle eingelagert ist als in diesen.

Man könnte auch anzunehmen geneigt sein, dass bei der Einwirkung von Druck auf die Stärkekörner in den

dichten Schichten aus den
ändern; für sie darf eine bem
einer Richtung nicht vorausge
denen Gründen ist es mir abe
die weichen Schichten nicht ein
sondern eine gallertartigbrüchi

Eine andere Behauptung d
falls nicht als richtig anerkenn
stehung der weichen Pa
durch mechanische Akt
aus zwei wesentlichen Missvers
denen das eine die Quellung
des Zuges betrifft. Um das
zuklären, muss ich zunächst a
substanz, wie ich es schon in
auseinander gesetzt habe, erinne

Die Stärkekörner sind in d
drungen; sie verlieren dasselb
Austrocknen an der Luft, und
feuchten wieder auf: sie imbi
nische Ausdruck lautet. Lässt
erhöhte Temperatur oder gewis
stimmte mechanische Eingriffe

lässt die Organisation des Stärkekorns in der unveränderten Beschaffenheit, die es in der Pflanze besitzt. Bei der künstlichen Quellung oder Verkleisterung findet eine Veränderung der ursprünglichen Organisation, eine Desorganisation statt, welche nach der Micellartheorie in einem Zerfallen der grösseren Micelle in kleinere besteht. Ich habe bisher die beiden Vorgänge gewöhnlich als Imbibition und Aufquellung unterschieden.

Der Verfasser betrachtet die natürliche und die künstliche Quellung als den nämlichen Vorgang; dagegen scheint er zwischen der (natürlichen und künstlichen) Quellung einerseits und der Verkleisterung anderseits einen Unterschied zu machen. Denn er sagt, Nägeli und Schwendener hätten das Aufquellen der Stärkekörner durch mechanische Eingriffe beobachtet (Mikroskop 2. Aufl. S. 433); nach W. Nägeli sei dieses Aufquellen als ein geringer Grad der Verkleisterung anzusehen. — Letzterer hatte die Erscheinung untersucht und ihr diesen Namen gegeben; sie gieng dann unter der synonymen Benennung Aufquellen in das „Mikroskop" über. Denn worin eine Verschiedenheit zwischen künstlicher Quellung und Verkleisterung bestehen sollte als allenfalls im Grad, indem letztere meistens höhere Grade der Aufquellung darstellt, weiss ich in der That nicht.

Beim Wachsthum des Stärkekorns kommt, wovon später die Rede sein wird, ein Zug zu Stande, der sein Volumen auszudehnen bestrebt ist, und in den kleinen kugeligen Körnern am stärksten auf das Centrum, in den dichten Schichten grösserer Körner am stärksten auf die Mitte jeder Schicht wirkt. Nach dem Verfasser soll diese mechanische Aktion der Zerrung das Aufquellen der dichten Substanz zu einer weichen Masse verursachen. Dabei sagt er mit gesperrter Schrift, es könne der Zug nicht „die Bildung von parallel den Schichten verlaufenden Spalten, wie Nägeli es annimmt", bewirken. Mit diesen Worten ist

meine Theorie so ungenau als möglich wiedergegeben, und der Leser, dem meine Darstellung unbekannt ist, würde eine ganz verkehrte Meinung davon bekommen. Ich brauchte wohl den Ausdruck „spaltenförmige weiche Schicht" und „mit weicher Substanz gefüllte Spalte" als Bild, gab aber deutlich an, wie ich mir deren Entstehung vorstelle, nämlich als eine allmähliche Einlagerung neuer kleiner mit Wasser umhüllter Micelle an den Stellen der grössten negativen Spannung. Dies ist doch etwas ganz Anderes als das Zerreissen der Substanz, als die Spalten- und Rissebildung im gewöhnlichen Sinne des Wortes; es ist zugleich die gelindeste Reaction auf einen sich successiv steigernden Zug, während der Verfasser eine viel heftigere Wirkung desselben, nämlich die Desorganisation der Substanz, welche in einer Zerreissung der Micelle besteht, annimmt.

Kern und weiche Schichten der Stärkekörner bestehen nach der Meinung des Verfassers aus künstlich aufgequollener, gleichsam verschleimter Masse, oder mit andern Worten aus einem dünnen Kleister. Nach meiner Darstellung dagegen stimmt die Substanz des Kerns und der weichen Schichten mit der kleisterartig aufgequollenen (ursprünglich dichten) Stärkesubstanz nur im Wassergehalt überein; beide sind aber darin wesentlich verschieden, dass in der ersteren die auf natürlichem Wege entstandenen Micelle eine bestimmte regelmässige Anordnung zeigen, indess in der zweiten die Bruchstücke grösserer Micelle unregelmässig durcheinander liegen.

Dies ist zwar noch bloss ein theoretischer Unterschied, der sich aus den Ursachen, die nach der Micellartheorie wirksam werden, ergiebt; derselbe lässt sich aber auch durch Beobachtung nachweisen. Dass beim künstlichen Aufquellen die Micelle in Unordnung gerathen, ergiebt sich aus dem Umstande, dass ein durch Hitze oder Kalilösung etwas kleisterartig gequollenes, aber noch ziem-

[redacted]

lich dichtes Stärkekorn die doppelbrechenden Eigenschaften verloren hat. Besonders wichtig ist ferner das Verhalten der Stärkesubstanz zu einigen Farbstoffen, welches einerseits das Nämliche beweist, anderseits auch wahrscheinlich macht, dass die weichen Schichten nicht aus künstlich aufgequollener Masse bestehen.

Dieses Verhalten war von W. Nägeli (Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe) beobachtet worden; derselbe fand, dass ganze Stärkekörner und der unveränderte Theil von zerschnittenen oder durch Druck zerrissenen Körnern von Lakmus, Anilinroth, Alizarin und dem Farbstoff des Campecheholzes nicht gefärbt werden, während Stärkekleister und die durch die mechanische Action aufgequollene Partie der zerschnittenen und zerrissenen Körner sich färben. Die Resistenz gegen die Farbstoffeinlagerung, welche der unveränderten Stärkesubstanz zukommt, muss also in der natürlichen Anordnung der Micelle begründet sein. Und da die Färbung bei solchen Versuchen sich niemals über die aufgequollene Substanz hinaus in die weichen Schichten hinein fortsetzt, so schliesse ich daraus, dass die letzteren nicht, wie der Verfasser annimmt, aus einer durch mechanische Aktion aufgequollenen und desorganisirten Substanz bestehen können.

Da übrigens das Verhalten der Farbstoffe von dem Verfasser noch für eine anderweitige Theorie, die mir unhaltbar scheint, benutzt wird, so habe ich dasselbe einer erneuerten Untersuchung unterworfen. Aus den Beobachtungen von W. Nägeli geht nämlich bloss hervor, dass die natürliche (unveränderte) Stärkesubstanz durch die genannten Farbstoffe sich nicht färbt, was unter Anderem auch so ausgedrückt wird, dass die letzteren nicht eindringen. Der Verfasser hat nun dieses „Eindringen" in allzu wörtlichem Sinne aufgefasst, obgleich die ganze Beschreibung zeigt, dass es sich nur um die Beobachtung von

den Zellmembranen und den Pr
ungen organischer Farbstoffe g
will der Verfasser später die A
die Stärkekörner auch für di
welcher ihre Substanz sich aufbau

Die neuen Untersuchungen
körner wurden bloss mit den
angestellt. Dieselben ergaben zu
Mannigfaltigkeit der Erscheinung
schiedenen Abänderungen der V
setzmässigkeit erkennen und in
sachen sich zusammenfassen lass

I. Anilinviolett, Anilinroth
gelb, in Wasser gelöst, färben s
veränderten) als die aufgequollen

II. Werden die durch An
intensiv gefärbten Stärkekörner
dünntes Glycerin allein oder au
liche Anilinfarbe gelöst enthält,
die natürlichen Körner vollständig
Körner eine schwache Färbung

III. Bringt man farblose St
verdünntes Glycerin, in welchem

sich darin sowohl die natürlichen als die aufgequollenen Stärkekörner intensiv.

Fragen wir uns nach den Ursachen dieser verschiedenen Erscheinungen, so ist zunächst zu entscheiden, ob in den Fällen mangelnder Färbung der gelöste Farbstoff nicht in die Stärkesubstanz eindringe, oder ob er in dieselbe eindringe, aber von ihr dem Lösungsmittel nicht entzogen und eingelagert werde. Ich halte es für ganz unzweifelhaft, dass Letzeres der Fall ist, dass also die gelösten Anilinfarbstoffe immer in die imbibirten Stärkekörner hineindiffundiren. Denn es ist doch nicht wahrscheinlich, dass von so nahe verwandten Verbindungen die einen vom Wasser hineingeführt werden, die anderen nicht (I, IV), dass die nämliche Verbindung mit Wasser hineingehe, mit Wasser und Glycerin aber nicht (I, III), oder dass sie mit angesäuertem Wasser eindringe, mit Wasser allein dagegen nicht (IV, V). Ferner ist wohl unbedingt anzunehmen, dass, wenn ein Lösungsmittel (wasserhaltiges Glycerin) einen Farbstoff aus dem Stärkekorn herausführt, das nämliche denselben auch hineinführen kann (II, III). Endlich kommt noch der wichtige Umstand in Betracht, dass unverholzte Zellmembranen sich oft analog verhalten wie die natürlichen Stärkekörner, dass sie sich nämlich mit Anilinviolett und Anilinroth färben, nicht aber mit Anilinblau. Letzteres dringt aber gleichwohl in diese Membranen ein, was deutlich durch den Umstand dargethan wird, dass dasselbe das Plasma und besonders den Zellkern in geschlossenen (unverletzten) Zellen färbt.

Wir müssen also annehmen, dass die Farbstoffe mit dem Lösungsmittel in geringer Menge in die Stärkesubstanz eindringen, und dass sie von dieser bald gar nicht, bald in geringer, bald in grösserer Menge eingelagert werden. Ob das Eine oder Andere geschehe, hängt offenbar von zwei Ursachen ab, 1) von der Verwandt-



mischen Wirkungen.
dieser Anziehungen bleiben
gelöst in der Imbibitionsflüss
selben entzogen und an die
letzteren Falle wird je nach
mehr oder weniger Farbstoff i

Dass die verschiedenen
den Lösungsmitteln eine ungle
sitzen, ergiebt sich aus dem un
körner zu dem nämlichen Fa
ungsmitteln und desgleichen
schiedenen Farbstoffen in de
Die Entfärbung intensiv ge
körner in Glycerin (II) und
Stärkekörner in gefärbtem G
dadurch erklären, dass der Fa
Glycerin eine grössere Verwan
änderten Stärkesubstanz, wäh
in einer wässrigen Farbstofflös
beweist, dass umgekehrt der Fa
eine geringere Verwandtschaft
Färbung der natürlichen Stä
und andere Anilinfarben (I) un
durch Anilinblau und Anilinr

Verwandtschaft des Farbstoffs zum Lösungsmittel durch die Säure herabgesetzt worden sein, oder, was wahrscheinlicher ist, es kann sich, da die meisten Anilinfarbstoffe salzartige Verbindungen sind, ein anderes Salz gebildet haben. Ich bemerke hiezu, dass Zusatz von Säure zu einer Lösung von Anilinschwarz nicht die nämliche Wirkung hat, was aber dadurch erklärlich wird, dass der Farbstoff sich aus der angesäuerten Lösung niederschlägt.

Auf die Färbung der Stärkekörner durch Anilinfarben, resp. auf die Verwandtschaft dieser Farben zur Stärkesubstanz und zu dem wässrigen Lösungsmittel scheint ihre Constitution oder Verbindungsweise von grossem Einfluss zu sein. So muss das Anilinroth, welches vor mehreren Jahren von W. Nägeli angewendet wurde und die natürlichen Stärkekörner nicht färbte, ein anderes gewesen sein, als das jetzt von mir mit ganz anderem Erfolge angewendete Anilinroth. Ich habe die Frage über das Verhältniss zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Wirkungsweise nicht weiter verfolgt, weil dies für die physiologische Frage, um die es sich handelt, gleichgültig ist. Zudem wäre bei der Ungewissheit über die Constitution vieler Anilinfarben die Lösung der chemischen Frage mit besonderen Schwierigkeiten verbunden.

Die zweite Ursache, welche neben der Verwandtschaft des Farbstoffes zum Lösungsmittel und zur Stärke die Färbung oder Nichtfärbung bedingt, beruht in der verschiedenen Micellarconstitution der Stärkesubstanz. Die natürlichen Stärkekörner färben sich nicht, während die aufgequollenen sich mehr und weniger intensiv färben, oder die ersteren nehmen eine schwächere Färbung an als die letzteren.[1]) —

1) Wird dagegen von den natürlichen Stärkekörnern sehr viel Farbstoff eingelagert, so erscheinen die stärker aufgequollenen heller gefärbt, was von der beträchtlichen Verdünnung der Substanz durch das reichlich aufgenommene Wasser herrührt.

Die unveränderte Särkesubstanz äussert also eine gewisse Resistenz gegen die Einlagerung von Farbstoffen, was man geneigt sein möchte so zu erklären, dass die natürliche regelmässige Anordnung der Micelle, wie sie sich beim Wachsthum bilde, den stärksten Molekularanziehungen entspreche, während in der durch Aufquellen desorganisirten Substanz, in welcher die Micelle ungeordnet durch einander liegen, Kraft und Raum für die Einordnung fremder Moleküle frei geworden sei.

Indessen lässt sich über die Ursachen, welche die Färbung oder Nichtfärbung bedingen, nichts Bestimmtes aussagen, so lange man das Verhalten der übrigen micellösen Substanzen in dieser Beziehung nicht genau kennt. Ich will bloss über das Verhalten der Membranen verschiedener Süsswasseralgen (Spirogyra, Zygnema, Cladophora) vorläufig eine kurze Mittheilung machen, weil dasselbe eine Analogie zu den Stärkekörnern mit einer sehr merkwürdigen Erweiterung oder Vervollständigung darbietet. An diesen Membranen lassen sich nämlich, nicht zwei wie bei den Stärkekörnern, sondern drei verschiedene Zustände der micellaren Constitution nachweisen, die ich als den lebenden, den natürlich todten und den aufgequollenen Zustand bezeichnen will.

I. Der lebende Zustand der Membran ist immer dann gegeben, wenn der lebende Inhalt derselben dicht anliegt. In diesem Zustande färbt sich die Membran durch Anilinfarben schwächer oder stärker, indess der Inhalt noch nichts von denselben aufnimmt.

II. Der natürlich todte Zustand der Membran tritt dann ein, wenn der lebende Inhalt sich von derselben lostrennt, oder wenn er ihr anliegend abstirbt. In diesem Zustande lagert die Membran keinen Farbstoff ein, indem dagegen der Inhalt sich färbt; und wenn sie im lebenden

ustande gefärbt war, so wird sie beim Uebergang in den ›dten farblos.

III. Der aufgequollene Zustand entsteht durch die ;inwirkung von Alkalien oder Säuren, durch längeres :ochen in Wasser und durch hinreichend langes Liegen in altem Wasser. In diesem Zustande färben sich die Memranen wieder.

Ich führe, statt anderer Thatsachen, nur zwei chaakteristische Vorgänge an, die man, einmal orientirt, leicht rhalten kann. Wenn lebende Algenfäden in Farbstofföung gelegt und darin liegen gelassen werden, so färbt ich zuerst die Membran allein (I); nach einiger Zeit ist ie Membran farblos und der Inhalt gefärbt (II); noch päter findet man Membran und Inhalt gefärbt (III). I, II ınd III entsprechen den vorhin unterschiedenen Zuständen. — ‿egt man Algenfäden in gefärbte Glycerin- oder Zuckerösung, so nimmt abermals zuerst die Membran allein Farbıtoff auf (I). Nachher zieht sich der Plasmaschlauch von ler Membran zurück, welche den Farbstoff wieder verliert (II); der Raum zwischen der farblosen Membran und dem ıoch farblosen Inhalt ist mit gefärbter Flüssigkeit gefüllt; bald wird aber auch der Inhalt gefärbt.

Offenbar entspricht der natürlich todte Zustand der genannten Membranen dem Zustande der Stärkekörner, den ich als natürlichen bezeichnet habe. Ob die Stärkekörner, wie die Membranen, eine davon verschiedene lebende Micellarconstitution besitzen, bei welcher sie Farbstoff einlagern würden, lässt sich nicht entscheiden, da, sobald der Farbstoff bei den in den Zellen befindlichen Stärkekörnern anlangt, der Inhalt schon gefärbt und todt ist und somit auch die von demselben umgebenen Stärkekörner in den natürlich todten Zustand übergegangen sein müssen.

Nach dieser Abschweifung über das Verhalten der Stärkekörner zu den gelösten Farbstoffen, welche noth-



gezeigt habe, dass diese w
durch Aufquellen desorganis
sie sonst durch Druck entst
will ich noch das andere
Wirkung des Zuges be
dass der Zug, wie er beim
eintritt, eine solche Desorg
ursachen kann. Dies ergiebt
gleichung der Umstände, un
Desorganisation erfolgt, mit
Erscheinung ausbleibt.

Einfacher Zug bringt n
Erfahrungen nur Zerreissen.
stanz hervor. Bloss die ge
auf und wird desorganisirt.
beim Zerdrücken und Zerschn
beschränkt sich, wenn mit e
schnitten wird, auf eine ziemli
fläche. Spannungen in der
welche die Elasticitätsgrenze
ein Zerreissen, nicht ein Auf
eingetrockneten und wieder be

den negativen Spannungen, die in Folge des Wachsthumsprocesses im Innern des Stärkekorns entstehen, nicht durch Einlagerungen von Substanz (nach der Intussusceptionstheorie), sondern durch Einlagerung von Wasser (wie der Verfasser annimmt) ein Genüge geleistet würde, so könnten nicht ein weicher Kern und weiche Schichten sich bilden, sondern es müsste das Innere des Stärkekorns durch Risse zerklüftet werden.

Ich komme nun zu den Ursachen, welche die mechanische Aktion bewirken sollen. Was meine Theorie des Wachsthums betrifft, so hatte ich das Vorhandensein von bestimmten Spannungen im Stärkekorn nachgewiesen und als Folge des nothwendig ungleichen Wachsthums durch Intussusception erklärt, indem ich zeigte, dass in Folge dessen jede Micellarschicht in Bezug auf die nächst innere positiv, in Bezug auf die nächst äussere negativ gespannt sein muss. Der Verfasser eignet sich diese Theorie vollständig an; da er aber das Intussusceptionswachsthum verwirft, so ist es seine Aufgabe zu zeigen, dass die nämlichen Spannungen einfach durch Wassereinlagerung entstehen können. Der versuchte Beweis lautet kurzgefasst: Da die Einlagerung von Wasser parallel der Schichtung viel grösser als senkrecht dazu sei, so müssten dadurch natürlich jene Spannungen verursacht werden. Sowohl der Vordersatz als der Nachsatz dieses Schlusses bedürfen, in der Deutung, die ihnen der Verfasser giebt, einer Richtigstellung.

Was den Vordersatz betrifft, dass „die Einlagerung von Wasser parallel der Schichtung viel grösser sei als senkrecht dazu", so beruft er sich darauf, dass ich dies nachgewiesen hätte. Zu diesem Ende führt er aber nur diejenigen meiner Beobachtungen an, welche seiner Meinung günstig scheinen, und überdem gebraucht er das Wort

Wassereinlagerung doppelsinnig, einmal als Gesammtmenge des eingelagerten Wassers und dann als Menge des während eines bestimmten Vorganges aufgenommenen Wassers. So kommt er zu einem Ergebniss, welches mit dem Sachverhalte und mit meiner Darstellung nicht übereinstimmt. Ich muss daher das thatsächlich Richtige bezüglich der Wassereinlagerung wieder feststellen.

Das Stärkekorn ist in jedem Stadium seines Wachsthums ein von wässriger Flüssigkeit umgebenes, mit Wasser durchdrungenes materielles System, dessen Spannungen sich im Gleichgewicht befinden. Wenn das Stärkekorn austrocknet, so bilden sich Risse, ein Beweis, dass das Gleichgewicht bei diesem Vorgange gestört wurde; und die Risse haben einen radialen, die Schichten rechtwinklig durchbrechenden Verlauf, ein Beweis, dass in den tangentialen Richtungen mehr Wasser verloren wurde als in radialer, somit dass die Gesammtmenge des in jenen Richtungen eingelagerten Wassers grösser war. Wirken künstliche Quellungsmittel langsam auf das natürlich imbibirte Stärkekorn ein, so vergrössert es sein Volumen, indem sich wieder radiale Risse bilden, ein Beweis, dass während dieses Vorganges in radialer Richtung mehr Wasser eingelagert wird als in den tangentialen.

Von diesen beiden Thatsachen, die ich angeführt hatte und die beide ganz allgemeine und regelmässig eintretende Erscheinungen sind, zeigt die erstere eine vermehrte Wassereinlagerung in der Richtung, wie sie der Verfasser angibt, die zweite, die er hier aber unerwähnt lässt, eine vermehrte Wassereinlagerung in entgegengesetzter Richtung. Dagegen spricht der Verfasser weitläufiger von einer Erscheinung künstlicher Quellung, die bei Stärkekörnern mit sehr starker Excentrizität des Kerns in spätern Stadien der Einwirkung eintritt und die ich ebenfalls angeführt hatte.

Diese Erscheinung zeigt eine grössere Zunahme in den tangentialen Richtungen als in der radialen.

An einer solchen Behandlungsweise ist einmal unstatthaft, dass eine allgemein vorkommende Erscheinung, welche der Theorie widerspricht, einfach ignorirt wird; ferner dass, was ich bereits in anderer Beziehung beanstandet habe, die natürliche und die künstliche Quellung zusammengeworfen werden.

Ich habe in meiner Stärkeabhandlung die verschiedenen Erscheinungen des Austrocknens und des künstlichen Aufquellens beschrieben und daraus die Schlüsse, die sich für die Wassereinlagerung ergeben, gezogen. Dabei legte ich auf die Modificationen der künstlichen Quellung weniger Gewicht, weil die letztere nach meiner Ansicht mit der Mechanik des Wachsthums nicht in Beziehung gebracht werden kann. Bemerkenswerth an der künstlichen Quellung ist nur der Umstand, dass im Anfange stets eine stärkere Wassereinlagerung in radialer Richtung stattfindet. Dies beweist nach meiner Theorie der künstlichen Quellung, dass die ursprünglichen Micelle, die in radialer Richtung verlängert sind, je in mehrere radial hinter einander liegende Micelle zerfallen. Warum in späteren Stadien bei sehr excentrischen Körnern das Aufquellen in der Breite stärker ist, als in radialer Richtung, habe ich früher nicht untersucht, und will es auch jetzt nicht entscheiden. Es wären hiezu besondere, für diesen Zweck angestellte Beobachtungen erforderlich. So viel ist aber sicher, dass nur die ersten Stadien der künstlichen Aufquellung Aufschluss über Gestalt und Lagerung der Micelle und demnach auch über die Einordnung der Wassermoleküle geben, und dass in den späteren Stadien mit zunehmender Desorganisation Verschiebungen der Micelle (Micellstücke) eintreten. Wir können also für diese späteren Stadien bloss angeben, wie die Dimensionen in einzelnen Theilen des Korns oder in

einzelnen Schichten zunehmen, aber wir dürfen daraus nicht etwa auf Wassereinlagerung in bestimmten Richtungen schliessen.

Aus der Wassereinlagerung folgert der Verfasser das Vorhandensein von Spannungen, indem er mit gesperrter Schrift sagt: „Die Bevorzugung der tangentialen Richtungen gegenüber der radialen in Bezug auf Wassereinlagerung verursacht natürlich Spannungen", denen dann der früher angegebene Charakter zugeschrieben wird. Hiezu ist aber zu bemerken, einmal, dass, wie wir soeben gesehen haben, bei strenger und vollständiger Beurtheilung der Beobachtungen die Wassereinlagerung je nach den Umständen eine entgegengesetzte Beschaffenheit zeigt, indem in den natürlich imbibirten Stärkekörnern in radialer Richtung weniger Wasser eingelagert ist als in den tangentialen Richtungen, beim künstlichen Aufquellen dagegen, so lange eine sichere Beurtheilung möglich ist, in der ersten Richtung mehr Flüssigkeit eingelagert wird als in den letzteren. Da nun der Verfasser ein vorzügliches Gewicht auf die Erscheinungen des künstlichen Aufquellens legt, so hätte er mit gleicher Berechtigung die entgegengesetzten Spannungen von denen, die er dem Stärkekorn zuschreibt, annehmen können.

Ferner ist zu bemerken, dass aus der Wassereinlagerung an und für sich Nichts über Spannungen im natürlich imbibirten Stärkekorn geschlossen werden kann. Denn die Risse, die sich beim Eintrocknen der Stärkekörner, und diejenigen, die sich beim künstlichen Aufquellen derselben bilden, geben uns nur Kunde von den Spannungen, die während dieser Processe eintreten, und lassen uns ganz im Ungewissen, ob und welche Spannungen vorher bestanden haben. Wir können uns eine aus Körperchen (Micellen), die in concentrischen Schichten liegen, bestehende Kugel denken, die in jedem Punkte mehr Wasser in den tangentialen

Richtungen als in der radialen eingelagert enthält, und in der doch nicht die geringsten Spannungen vorhanden sind. Es lässt sich selbst eine solche Kugel ebenfalls mit vermehrter Wassereinlagerung in den tangentialen Richtungen denken, in welcher die Spannungen gerade umgekehrt, als es der Verfasser aus dieser Wassereinlagerung schliesst, sich verhalten, in welcher nämlich die äusseren Schichten der Kugel negativ, die inneren positiv gespannt sind.

Das Bestehen von Spannungen, und zwar in dem Sinne, wie es auch der Verfasser angenommen hat, habe ich aus dem Wachsthum durch Intussusception gefolgert, und ich habe es durch einige Erscheinungen in unzweifelhafter Weise bestätigt gefunden. Eine derselben, nämlich das Verhalten der Abschnitte von Stärkekörnern, an denen sich die Schnittfläche concav krümmt, wird von dem Verfasser erwähnt. Sie ist aber, weil dabei immer eine künstliche Quellung eintritt, nicht so unmittelbar einleuchtend, und sie erhält ihre volle Beweiskraft erst durch die andere Erscheinung, nämlich dass Stärkekörner, in denen beim Eintrocknen sich radiale Risse gebildet haben, diese Risse beim Wiederbefeuchten nicht verlieren, sondern vielmehr verstärken und erst jetzt deutlich zeigen. Diese Thatsache, bei welcher keine fremdartigen Ursachen mitwirken, beweist in aller Strenge, dass die Schichten des natürlich imbibirten Stärkekorns, — obgleich sie, wie die Risse zeigen, bereits mehr Wasser in den tangentialen Richtungen eingelagert enthalten, — doch das Bestreben haben, in diesen Richtungen im Gegensatz zur radialen noch mehr Wasser einzulagern und somit vorzugsweise in die Fläche zu wachsen, und dass dieses Bestreben in den äusseren Schichten grösser ist als in den inneren, dass sie somit gegenüber den letzteren sich in positiver Spannung befinden. Denn, wäre es nicht so, so müssten die Risse beim Wiederbefeuchten der trockenen Stärkekörner unsichtbar bleiben.

rüber und zwar nur beiläufi
ungleicher Wassereinlagerun
in Folge der nämlichen U
zunehmen und dass „durch
natürlich die inneren Theile
sammtheit durch die äuss
werden."

Giebt man sich von dem
bei der Entstehung des Stärk
thum in irgend einem Stad
stellt sich unzweifelhaft hera
Falle Spannungen entstehen
beliebiges in der Zellflüssigk
Stärkekorn. Dasselbe ist n
davon aufgenommen, so viel
hältnissen aufnehmen kann;
wenn ferneres Wachsthum
Auflagerung; in der das K
Lösung entstehen Stärkethei
mit so viel Wasser sich umh
Molekularkräften entspricht.
sie sich an die Oberfläche d

Krystalloide ermangeln der eigenthümlichen Schichtenspannungen, die den Stärkekörnern zukommen.

Wollte man aber den Stärkekörnern keinen micellösen Bau zugestehen, sondern ihnen irgend eine andere, noch unbekannte und nicht zu bestimmende Beschaffenheit beilegen (ich halte dies für logisch unmöglich), so würde damit Nichts geändert bezüglich der eintretenden Spannungen. Es müsste immerhin die neu aufzulagernde Schicht in einer Flüssigkeit sich bilden, und sie müsste schon im Stadium der Entstehung ihr Wasserbedürfniss befriedigen. Es ist ohne Veränderung der Substanz, also ohne Intussusception unmöglich, dass das Bedürfniss nach Wasser nachträglich ein anderes werde, und dass somit Spannungen entstehen.

Die Theorie des Verfassers setzt etwas Unmögliches voraus, nämlich, dass sich zunächst eine trockene oder sehr wasserarme Stärkeschicht auflagere und erst nachher, ihrem Bedürfniss entsprechend, mit Wasser imbibire. Aber auch bei dieser für die Molekularphysiologie unmotivirbaren Annahme wäre der Erfolg doch nicht der gewünschte. Es lagere sich auf ein Stärkekorn eine Schicht von Micellen („Molekülen" des Verfassers) auf, welche das Bestreben hat, mehr Wasser aufzunehmen. Was wird die Folge sein? Die in der neuen Schicht entstehenden Spannungen suchen einerseits die umschlossene Substanz auszudehnen, anderseits die eigenen Theilchen, die auf einander drücken, zu verschieben. Von diesen beiden Wirkungen würde die eine oder andere gleich sehr den Spannungen genügen, und es muss nothwendig diejenige eintreten, welche die geringsten Widerstände zu überwinden hat. Nun unterliegt es gewiss keinem Zweifel, dass bei einer solchen Sachlage einzelne Theilchen der neuen Schicht nach aussen, wo kein Widerstand zu überwinden ist, geschoben werden und den Anfang einer neuen Schicht bilden, und dass nicht etwa eine Legion innerer Theilchen in Bewegung gesetzt und stellen-

weise über die Elastizitätsgrenze hinaus auseinander gezerrt wird.

Diese Wirkung hätte der Verfasser um so eher annehmen müssen, als nach seiner Behauptung die Stärketheilchen nach innen und aussen mit sehr starker, seitlich mit sehr schwacher Anziehung auf einander wirken. Die Theilchen der neuen äussersten Schicht würden also von ihren eigenen Kräften nicht in der Schicht zurückgehalten, und sie würden bloss ihren Neigungen gehorchen, wenn sie, statt neben einander, sich hinter einander anlagerten. Diese Erwägung gilt selbstverständlich nicht für die Theorie der Intussusception, bei welcher die äusserste Schicht schon ein festes Gefüge zeigt und überdem eine viel bescheidenere Rolle spielt. Während nach der Auflagerungstheorie die neue äusserste Micellarschicht allein das bisherige Gleichgewicht stört, wachsen nach der Einlagerungstheorie gleichzeitig alle Micellarschichten und jede hat ihren Theil an den Ursachen, welche das Gleichgewicht stören.

Aus den bisherigen Betrachtungen ergiebt sich, dass die in dem Stärkekorn vorhandenen Spannungen bloss durch Intussusception zu Stande kommen können, und dass diese Spannungen die Ausscheidung des weichen Kerns und der weichen Schichten nur unter der Bedingung hervor zu bringen vermögen, dass gleichzeitig Intussusception thätig ist. Damit ist die Hauptfrage bezüglich des Wachsthums der Stärkekörner entschieden. Ich habe mich auf den mechanisch-physiologischen Theil der Frage beschränkt und von den Beobachtungsthatsachen nur das unbestreitbare und auch unbestrittene nachträgliche Auftreten der weichen Partieen im Inneren des Stärkekorns berücksichtigt. Damit will ich nicht sagen, dass nicht auch andere, der direkten Wahrnehmung zu-

ängliche Erscheinungen ins Gewicht fallen; aber ihre Bertheilnng liegt nicht so offenkundig da, und es lässt sich ezüglich derselben nicht so leicht der Irrthum nachweisen.

Unter den Beobachtungsthatsachen befindet sich jedoch ine, welche der Verfasser, der sich rühmt, alle von mir ür die Intussusception vorgebrachten Gründe widerlegt u haben, wie es scheint, übersehen hat, und welche aus ler Appositionstheorie nicht erklärt werden könnte. Wie ich aus Quellungs- und Auflösungserscheinungen leicht nachweisen lässt, hat eine dünne Rinde der Stärkekörner eine andere Beschaffenheit als die ganze innere Masse; sie ärbt sich durch Jod gar nicht, wenn sie hinreichend lünn, und schwach roth-violett, wenn sie etwas licker erhalten wird, während die eingeschlossene Substanz ohne Ausnahme intensiv blau wird; sie widersteht auch gewissen Lösungsmitteln (Säuren), indess die ganze innere Masse sich löst. Da grosse und kleine Stärkekörner diese Hülle oder Membran besitzen, so ist der Schluss auf das Wachsthum durch Intussusception einleuchtend.

Ich werde auf die übrigen Theile der Schimper'schen Auseinandersetzungen, soweit sie das Wachsthum betreffen, nicht weiter eintreten. Nachdem das Wachsthum durch Intussusception an dem Hauptobject dargethan ist, erachte ich es für überflüssig nachzuweisen, dass auch andere Ausstellungen, die an meiner Theorie gemacht, vermeintliche Irrthümer und Inconsequenzen, die mir nachgewiesen werden, in Wirklichkeit nicht mir zur Last fallen. Ich glaube in dem bisherigen gezeigt zu haben, dass ich nicht leichthin ungegründete Meinungen auszusprechen pflege, und der Verfasser dürfte an der Wachsthumstheorie der Stärkekörner die Erfahrung gemacht haben, dass physiologische Gesetze nicht mit so geringer Mühe festgestellt werden wie etwa eine mikroskopische Beobachtungsthatsache. Die Besprechung der Entwickelungsgeschichte von ganz- und halb-

zusammengesetzten Körnern kann um so eher unterbleiben, als der Verfasser selbst zugiebt, dass, wenn das Wachsthum durch Intussusception begründet sei, „eine andere Erklärung (als die meinige) ganz unmöglich wäre". Doch halte ich es für zweckmässig, noch einige Bemerkungen über die neuen Schimper'schen Beobachtungen, die ich als einen wesentlichen Fortschritt begrüsse, beizufügen.

Eine erste Bemerkung betrifft die (ganz) zusammengesetzten Stärkekörner. Ich zeigte früher, dass dieselben auf zweierlei Art entstehen können, 1) durch Verwachsung einfacher Körner und 2) durch Theilung eines ursprünglich einfachen Korns; ich nannte die ersteren unächte, die letzteren ächte zusammengesetzte Stärkekörner. Diese Verschiedenheit bleibt bestehen; denn wie aus verschiedenen Gründen und namentlich aus den gleitenden Uebergängen zwischen ganz- und halb-zusammengesetzten Körnern, von denen die letzteren bloss aus einfachen hervorgehen können, erhellt, giebt es unzweifelhaft ächte (aus einem einfachen Korn entstandene) zusammengesetzte Körner. Unächte zusammengesetzte Körner habe ich nur dann angenommen, wenn die Verwachsung aus getrennten einfachen Körnern sich direkt nachweisen liess. Nach den Beobachtungen Schimper's mögen diese Stärkekörner eine viel grössere Verbreitung haben, als ich bis jetzt glaubte. Immerhin bleibt es misslich sich zu entscheiden, wenn die Beobachtung weder die ursprünglich getrennten einfachen Körner noch das einfache noch ungetheilte Korn nachzuweisen vermag, und beide Entstehungsarten sich als möglich darbieten; und es wäre sehr wünschbar, wenn sich ein unterscheidendes Merkmal an den fertigen ächten und unächten zusammengesetzten Körnern auffinden liesse.

Ein besonderes Interesse erregen die sog. Stärkebildner Schimper's, in deren Innerem oder an deren Oberfläche die Stärkekörner entstehen. Ueber die physiologische

Function, welche dieselben bei der Bildung der Körner ausüben, lässt sich aber noch keine sichere Vermuthung aussprechen. Die Beobachtung hat bis jetzt keine andere leitende Thatsache ergeben als die, dass bei excentrischen Stärkekörnern der Stärkebildner auf der hinteren (dem Schichtencentrum abgekehrten) Seite des Korns aufsitzt, während seine Substanz die centrisch gebauten Stärkekörner ringsum einhüllt. Sollte sich dies auch als allgemeines Gesetz bestätigen, so würde daraus doch nicht, wie der Verfasser meint, folgen, dass der Stärkebildner der Ernährer sei, welcher das Material für den Aufbau der Stärkekörner liefere. Eine solche Function kommt mir sogar als sehr unwahrscheinlich vor und zwar aus folgenden Gründen.

Es ist sicher, dass das Stärkekorn durch eine gelöste Verbindung ernährt wird, da nur eine solche einzudringen vermag. Diese Verbindung kann nichts Anderes sein als Glycose (Traubenzucker) oder auch Diglycose (Maltose), da das Stärkemolekül ein durch Polymerisation entstandenes Derivat der Glycose ist.[1]) Lässt sich nun wohl annehmen, dass die Glycose, die von den Blättern in die Wurzeln oder

---

1) Ich hegte früher die Vermuthung, dass die lösliche Verbindung, welche die Stärkekörner ernährt, Dextrin sein könnte. Seitdem ich die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass Dextrin eine micellare, nicht eine molekulare Lösung bildet, so konnte nur der molekular-lösliche Zucker als Nährsubstanz angesehen werden. Ich weiss nicht, aus welchem Grunde Autoren, welche die Intussusception angenommen haben, gleichwohl die Stärke als primäres Assimilationsprodukt erklären.

Es versteht sich, dass die Stärke in allen Fällen zunächst aus Glycose entsteht, auch wenn sie in einer Unterlage von Hypochlorin auftritt, welches überhaupt kaum als ein Uebergangsglied in dem Bildungsprozess der Stärke anzunehmen ist; denn es ist nicht wahrscheinlich, dass an dem nämlichen Ort und zur nämlichen Zeit eine weit gehende Reduction von Kohlensäure und Wasser zu einer sauerstoffarmen Verbindung und eine Oxydation der letzteren zu einem Kohlenhydrat stattfinde.

in die Samen geführt wird, hier sich zunächst in dem Stärkebildner, der gleichsam als Condensator wirken würde, ansammle, um von demselben an die Stärkekörner abgegeben zu werden? Und wie sollte die Ernährung geschehen, — sollte die Zuckerlösung bloss an der oft winzigen Stelle, wo das Stärkekorn von dem Stärkebildner berührt wird, eindringen? was nicht anzunehmen ist, da die ganze Mechanik des Wachsthums dadurch eine andere würde, als sie wirklich ist. Oder sollte die Zuckerlösung, nachdem sich dieselbe in dem Stärkebildner aus der ganzen Umgebung concentrirt hat, von dem einen Punkte aus sich wieder in die Umgebung verlieren und über das ganze Korn ausbreiten, um an der ganzen Oberfläche desselben eindringen zu können? was nach den Gesetzen der Diffusion ebenso wenig annehmbar erscheint.

Der Verfasser hält eine solche Ausbreitung der Nährlösung über das Stärkekorn durch Capillarität für möglich. „Wenn ein Stärkekorn in einer beliebigen gallertartigen Substanz liege, so werde durch die Capillarkraft rings um das Stärkekorn Wasser der Gallerte entzogen und zwischen beiden als dünne Schicht aufgesammelt" (!); diese Schicht komme nothwendig in Zusammenhang mit einer Schicht Mutterlauge, welche durch Capillarität zwischen dem Stärkekorn und dem Stärkebildner entstanden sei, und erhalte dadurch selber die Eigenschaften einer Mutterlauge, welche dem Stärkekorn einen mit der Entfernung vom Ernährungsorgane abnehmenden Zuwachs gestatte.

Hiezu will ich bloss bemerken, dass, da die Stärkekörner und die anliegenden Substanzen in der Zellflüssigkeit, in der sie sich gebildet haben, liegen und damit durchdrungen sind, doch keine Gelegenheit für Capillarwirkungen im Sinne der Physik gegeben ist. Denn es kommt ja nicht darauf an, die äusserlichen morphologischen Verhältnisse zu vergleichen, sondern die Ursachen derselben zu beurtheilen.

In dem vorliegenden Falle hängt es von den wirksamen Molekularkräften (nicht von imaginären Capillarkräften) ab, ob und wie viel Wasser sich zwischen dem Stärkekorn und der umgebenden Gallerte (Plasma) befinde. Diese Molekularkräfte sind die Anziehung von Substanz und Substanz und von Substanz und Wasser. Voraussichtlich wird zwischen einem Stärkemicell (dem äussersten des Stärkekorns) und einem Plasmamicell (dem nächsten des umhüllenden Plasmas) sich etwas (d. h. um wenige Molekularschichten) mehr Wasser befinden als zwischen zwei Stärkemicellen und nicht unwahrscheinlich etwas weniger als durchschnittlich zwischen zwei Plasmamicellen. Es muss also nothwendig das Stärkekorn und das anliegende Plasma eine continuirliche, aus Micellen bestehende Masse darstellen. Von einer besondern, das Korn umgebenden Flüssigkeitsschicht kann keine Rede sein, und die Ausbreitung einer gelösten Substanz, die sich an einem bestimmten Punkt seiner Oberfläche bildete, müsste nach den Gesetzen erfolgen, welche für die Diffusion durch micellöse Substanzen gelten. Hiebei ist noch zu berücksichtigen, dass nach den Zeichnungen des Verfassers der Stärkebildner zuweilen bloss den 10.—20. Theil des Umfanges des Stärkekorns und also auch keinen grösseren Theil seiner Oberfläche einnimmt, und dass somit von diesem beschränkten Raume aus die Nährflüssigkeit sich ausbreiten müsste.

Die Ernährung des Stärkekorns besteht aber nicht bloss in der Aufnahme von Glycose; es muss dieselbe im Innern desselben auch in Stärke umgewandelt werden Dazu reicht der Einfluss der Stärkemicelle nicht aus; denn die aus den Zellen herausgenommenen Stärkekörner wachsen nicht in Zuckerlösung. Die Molekularkräfte des lebenden Plasmas müssen in irgend einer Weise mitwirken, um die Glycosemicelle zwischen den Stärkemicellen unter dem Einfluss der letzteren zu Stärke zu polymerisiren. Das Plasma,

welches das Stärkekorn umgiebt, übt dabei eine ähnliche Fernwirkung aus, wie das Plasma der Hefenzellen bei der Gährung. Möglicher Weise ist das Plasma des Stärkebildners für diese Function besonders befähigt, welche Vermuthung ich indess nur in Ermangelung einer besseren ausspreche. Sollte sie begründet sein, so liesse sich die Uebertragung der Kraft in verschiedener Weise denken; in keinem Falle aber könnte dadurch Gestalt und Bau des Stärkekorns in spezifischer Weise bedingt werden.

Die Function des „Stärkebildners" scheint mir also noch ziemlich problematisch zu sein. Dass das spezifische Wachsthum der Stärkekörner nicht durch ihn geregelt werde, wie es der Verfasser annimmt, schliesse ich aus der Beschreibung und den Abbildungen des Verfassers selber. Wäre es der Fall, so müsste zwischen der Gestalt des Stärkebildners und der Gestalt der Stärkekörner, inbegriffen den Bau derselben, eine bestimmte Beziehung bestehen. Es müsste die Gestalt des Korns eine andere sein, je nachdem sein Bildner klein und rundlich, oder grösser und scheibenförmig, oder stäbchenförmig ist. Man könnte selbst die Gestalt des Stärkekorns geometrisch construiren, die aus einem Stärkebildner von bestimmter Form unter der Voraussetzung entstände, dass das Wachsthum an der Anheftungsstelle am intensivsten sei und von da allmählich abnehme. Gehen wir umgekehrt von dem Stärkekorn aus, so würde dieses eine andere Gestalt seines Bildners erwarten lassen, je nachdem dasselbe cylindrisch ist, oder kegelförmig mit kreisförmigem Querschnitt und mit dem Kern im dicken Ende, oder kegelförmig mit dem Kern im dünnen Ende, oder stark zusammengedrückt mit dem Kern im schmalen Ende, oder keilförmig mit verdicktem schmalem Kernende und breitem kantenförmigem hinterem Rande. Diese Forderungen sind nicht bloss nicht erfüllt, sondern es stehen manchmal die Thatsachen in scharfem Widerspruch mit

hnen. **Körner** von gleicher Gestalt haben ganz ungleich gestaltete **Bildner**, und Bildner von gleicher Gestalt und Grösse **sind an** ganz ungleich gestalteten Körnern befestigt. So sitzt z. B. an kegelförmigen Stärkekörnern aus verschiedenen Pflanzen der kleine Stärkebildner dem schmalen Ende **auf**, während das abgekehrte Ende wohl fünfmal dicker **ist als** der Stärkebildner; wenn der letztere für die Ernährung massgebend wäre, so sollte das Ende, das ihn trägt, immer das breitere und dickere sein. Im Wurzelstock von **Canna** sind die Stärkekörner im Allgemeinen dreieckig, der **hintere** Rand gewölbt; diesem hinteren Rande sitzt nach den Zeichnungen des Verfassers der Stärkebildner nicht bloss in der Mitte auf, wie es die Theorie von der massgebenden Ernährung verlangen würde; sondern er kann auch mehr oder weniger einer Ecke genähert sein. Ich verzichte auf verschiedene andere Bemerkungen, die sich aufdrängen und die ebenfalls den Mangel an Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung darthun würden.

Soll ich nach einer sorgfältigen Prüfung der neuen Schimper'schen Beobachtungen meine eigene Ueberzeugung betreffend das Wachsthum der Stärkekörner aussprechen, so ist mein Urtheil folgendes und zwar das nämliche, das ich schon im Jahr 1858 ausgesprochen habe. Als sicher erachte ich, dass das Stärkekorn an seiner ganzen Oberfläche Nährlösung aufnimmt, und dass das Wachsthum im Allgemeinen von der Oberfläche nach der Mitte hin zunimmt, — dass aber dieses Wachsthum durch innere und äussere Ursachen modifizirt wird, und dass dadurch die zahlreichen Abänderungen in Grösse, Gestalt, Schichtung (wozu auch die Zusammensetzung durch innere Bildungen gehört), in Consistenz und in der sog. chemischen Beschaffenheit hervorgebracht werden.

Zu den inneren Ursachen rechne ich ausschliesslich die jeweilige Configuration des ganzen Systems, d. h. die in

jedem Zeitmoment erlangte Constitution bezüglich Anordnung, Grösse und Gestalt der Stärkemicelle sowie Anordnung und Menge der Wassermoleküle. Diese Constitution hat natürlich den hauptsächlichsten Einfluss auf die neue Einlagerung; sie entscheidet sich aber, was ihren allgemeinen Charakter betrifft, schon in den primordialen Stadien und wird hier durch die Eigenthümlichkeit des Zellinhaltes, vielleicht am meisten durch den Stärkebildner, bedingt. Sie ist also eigentlich ein Produkt äusserer Einflüsse, wie ja alle inneren Ursachen ursprünglich aus äusseren Ursachen hervorgegangen sind.

Zu den äusseren Ursachen, welche neben den inneren in jedem Stadium des Wachsthums wirksam sind, gehört die chemische Beschaffenheit der Zellflüssigkeit, die in derselben thätigen Bewegungen und Umbildungen, die Temperatur, und besonders die Beschaffenheit des das Stärkekorn umgebenden Plasmas mit Einschluss des Stärkebildners, welch' letzterer vielleicht fortwährend einen Einfluss auf die Orientirung der ungleichen Radien des Stärkekorns ausübt.

Ich komme endlich zu denjenigen Beobachtungen des Verfassers, welche am meisten seine Auflagerungstheorie zu beweisen scheinen und die auch offenbar ihm dieselbe eingegeben haben. Es sind dies Stärkekörner, welche innerhalb einer normalgeschichteten Hülle einen corrodirten Kern mit unregelmässiger Oberfläche besitzen, und welche nach seiner Deutung entstanden sind aus einem durch Lösungsmittel auf natürlichem Wege zerfressenen Korn, auf welches sich beim Wiedereintritt der Stärkebildung Schichten abgelagert haben. — Ich habe bei meinen früheren Untersuchungen über Stärkekörner nie so deutliche Formen gesehen, wie sie der Verfasser zeichnet, wohl aber ähnliche, die mir einigen Zweifel über die Deutung erregten, die ich aber doch in anderer Weise erklären zu können glaubte.

Indessen will ich die von dem Verfasser gegebene Darstellung nicht anzweifeln, wiewohl es mir zur Beruhigung diente, wenn die morphologische Beobachtung und Beschreibung etwas vollständiger wäre. Das corrodirte Korn der abgebildeten Formen hat die Gestalt eines dünnen Täfelchens; dasselbe ist nur in der Flächenansicht gezeichnet, ebenso sein späterer Zustand, in welchem es von einer Hülle rings umgeben ist. Es wäre in mehr als einer Beziehung wünschbar gewesen, wenn eine Seitenansicht gegeben und gezeigt worden wäre, wie sich die Auflagerung an den beiden Flächen verhalte.

Gleichwohl nehme ich an, dass die Bildungsgeschichte sich genau so verhalte, wie es der Verfasser angiebt, dass also die ganze äussere Partie dieser Stärkekörner späteren Ursprungs sei. Dann haben wir hier einen Fall, wie er auch bei Zellmembranen vorkommt, wo ebenfalls das Wachsthum durch Intussusception Regel ist, und wo als Ausnahme innerhalb der Membran eine zweite Membran entstehen kann. Die Ursache, warum die Cellulosebildung nicht mehr zur Verdickung der bereits vorhandenen, sondern zur Anlage einer neuen Membran dient, muss in dem Umstande zu finden sein, dass die Verhältnisse, welche beim Beginne der ersten Membran vorhanden waren, wieder eintreten, dass nämlich der Plasmaschlauch, der sonst der Membran dicht anliegt, eine Zeit lang sie nur locker berührt und somit gleichsam wie bei einer nackten Zelle an Flüssigkeit grenzt.

In analoger Weise muss die Anlagerung eines Schichtencomplexes auf der Oberfläche eines Stärkekorns sich aus den nämlichen Ursachen ergeben, welche sonst bei der Neubildung der Stärkekörner wirksam sind, indem die Verhältnisse ein Weiterwachsen des vorhandenen Korns unmöglich machen. Die Intussusception, welche der normale Wachsthumsvorgang ist, erfolgt desswegen, weil die stärkebildenden Kräfte

würde, und zwar nicht etwa desswegen, weil es die zuckerhaltige Nährlösung nicht aufnähme, sondern weil die stärkebildenden Kräfte in ihm nicht mehr zu wirken vermögen.

In Zellen, in welchen corrodirte Stärkekörner befindlich sind, muss daher die Stärkebildung frei in der Zellflüssigkeit beginnen. Da aber die Substanz der corrodirten Körner anziehend auf die entstehenden Stärkemicelle wirkt, so legen sich diese nicht zu Anfängen von neuen Körnern zusammen, sondern sie lagern sich auf die Oberfläche der corrodirten Körner. Sobald 3 oder 4 Micellschichten sich aufgelagert haben, so findet bloss noch Einlagerung zwischen den Micellen statt, weil hier nun die Verhältnisse für die Stärkebildung am günstigsten sind.

Die Auflagerung eines Ueberzuges von Stärke auf einem corrodirten Korn ist also ein durch die veränderten Verhältnisse bedingter, vorübergehender Akt, der nicht die Bedeutung des Appositionswachsthums, sondern vielmehr die Bedeutung einer Neubildung hat. Die sich bildende Hülle um das corrodirte Korn ist gleichsam ein neues Korn, welches sich darüber lagert. Diese Hülle wächst durch Intussusception und wird geschichtet in der nämlichen Weise wie ein junges kugeliges Korn. Die innerste Schicht ist nach den Zeichnungen des Verfassers stets breit und weich, sie entspricht dem Kern der normalen Körner.

In einem Schlusswort vergleicht der Verfasser die Stärkekörner mit andern Körpern, um dadurch ihre Natur festzustellen. Hier steigert sich nun die Unklarheit über die molekulare Constitution der organisirten Substanzen, die ich schon Eingangs berührt habe, bis zur Unverständlichkeit. Es ist sehr zu bedauern, dass der Verfasser nicht eine bildliche Darstellung über die Anordnung seiner „Stärkemoleküle“ mit dem umgebenden Wasser beigefügt hat, wie er sie für die mechanische Theorie des Wachs-

thums brauchte, um dann die nämliche Darstellung wieder für die Schlussfolgerungen zu verwerthen. Denn die Construction auf dem Papier ist ja das beste Mittel, Andern etwas begreiflich zu machen, und zugleich auch der Prüfstein für die Sicherheit der eigenen Vorstellung. Man kann ja unklar und unlogisch denken, unklar und diplomatisch schreiben, aber nicht unklar und diplomatisch zeichnen.

Der Verfasser beginnt sein Schlusswort mit der Behauptung, dass die Constitution der Stärkekörner nicht wesentlich abweiche von derjenigen anderer starrer Körper; wir hätten bloss festzustellen, ob sie amorph oder krystallinisch seien, und dies zeige sich in der Cohaesion und in den optischen Eigenschaften; die Cohaesion sei bei amorphen Körpern nach allen Richtungen gleich; die Stärkekörner dagegen seien parallel der Schichtung sehr spröde und senkrecht zu derselben sehr dehnbar; also verhalten sich dieselben wie krystallinische Körper.

Hiezu will ich bloss bemerken, dass wir doch nicht etwa alle Körper in amorphe und krystallinische eintheilen können, sondern dass dieser Unterschied erst Platz greift, wenn im Uebrigen eine übereinstimmende Constitution festgestellt ist. Zunächst hätte also die Molekularstructur der Stärkekörner mit derjenigen unorganischer Körper verglichen werden sollen. Dann hätte sich herausgestellt, dass das Stärkekorn seinem Wesen nach ein ganz anderer Körper ist als ein Sphaerokrystall von Kalk, mit dem es verglichen wird, — dass die Cohaesion in dem Stärkekorn und in einem krystallinischen Körper zwar sich analog äussert, aber eine ganz verschiedene Natur hat und aus verschiedenen Ursachen hervorgeht. Im Krystall wird die Cohaesion bedingt durch die Anziehungen zwischen den Molekülen, im imbibirten Stärkekorn durch die Anziehungen zwischen den durch Wasser getrennten Micellen. Im Krystall besteht Gleichgewicht zwischen den Anziehungen

und Abstossungen der Moleküle unter einander, im Stärkekorn Gleichgewicht zwischen den Anziehungen der Micelle unter einander und den Anziehungen der Micelle zu Wasser. Wenn man auf die Struktur der Körper und auf das Zustandekommen der Cohaesion keine Rücksicht nimmt, so könnte man mit demselben Recht, wegen der ungleichen Cohaesion in verschiedenen Dimensionen, ein Stück Holz oder ein Gewebe aus Leinwand und Baumwolle für krystallinisch erklären.

Im Stärkekorn hat nicht die ganze Masse sondern nur das einzelne Micell vollkommene Analogie mit dem Krystall, und diese Analogie wird bewiesen durch die optischen Eigenschaften, wie ich schon vor Jahren dargethan habe. Wenn man nämlich Abschnitte von Stärkekörnern durch Schneiden erhält, so polarisiren dieselben das Licht, wie es die ganzen Körner thun. Da in einem solchen Fall die Spannungen zwischen den Micellarschichten und ebenso zwischen den einzelnen Micellen fast ganz verschwinden, so können die doppelbrechenden Eigenschaften nicht von Spannungen zwischen den Micellen herrühren, sondern sie müssen in der krystallinischen Natur der Micelle beruhen.

Ich wiederhole dies, weil der Verfasser zwar meiner Ansicht beitritt, aber meinen „Schluss als nicht stichhaltig" erklärt. Ich will auf seine bezüglichen Ausführungen nicht näher eintreten und keine optisch-physikalische Vorlesung halten, sondern mich auf eine Bemerkung beschränken. Der Hauptgrund, warum die Abschnitte von Stärkekörnern nicht beweisend sein sollen, wird aus der Thatsache abgeleitet, dass kleine Bruchstücke von andern Körpern, die nachweisbar in Folge von Spannungen doppelbrechend sind, die doppelbrechenden Eigenschaften behalten. Diese Thatsache soll von mir durchaus nicht bestritten werden; sie war mir von Glassplittern aus schnell abgekühlten Glaskugeln schon bekannt, als ich den Versuch mit den Abschnitten von

Stärkekörnern machte. Aber sie beweist Nichts; denn es handelt sich ja nicht darum, überhaupt zwei Körper mit Spannungen und deren Bruchstücke mit einander zu vergleichen, sondern darum, durch welche Ursachen die Spannungen hervorgebracht werden, welchen Betrag sie erreichen, und ob bei der Zersplitterung des Körpers die Spannungen in Stücken von bestimmter Grösse und Gestalt bis auf einen unmerklichen Betrag verschwinden müssen oder nicht. Wenn ich alles dies erwäge, so muss ich meinen vorhin erwähnten Schluss immer noch als vollkommen stichhaltig betrachten.

Der Verfasser will meinen Beweis durch einen besseren ersetzen, welchen er in der Thatsache zu finden glaubt, dass Stärkekörner in den ersten Stadien des Aufquellens mit zahlreichen radialen Spalten doppelbrechend bleiben. Ich hege bezüglich der Deutung dieser Erscheinung einigen Zweifel, und habe sie daher, als ich die optischen Eigenschaften der Stärkekörner beschrieb, nicht benützt. Es ist nämlich bei einer so complizirten Erscheinung schwer, sich vollständige Rechenschaft von den mechanischen Vorgängen zu geben, denn was der Verfasser darüber sagt, ist lange nicht erschöpfend. Durch das Aufquellen entstehen neue Spannungen, deren Einwirkung auf die früheren Spannungen sich nicht genau übersehen lässt. Die Rissebildung dient zunächst dazu, die Quellungsspannungen zu vermindern. Durch die Risse zerfällt ferner die Substanz in Kugelpyramiden, in denen immer noch Spannungen zwischen den äusseren und inneren Schichten fortbestehen können. Endlich ist zu bemerken, dass beim Aufquellen der Stärkekörner die doppelbrechenden Eigenschaften rasch abnehmen und bald ganz verschwinden, so dass man sogar versucht sein könnte, dieses Verschwinden auf Rechnung der verminderten Spannungen zu setzen. Indess wäre ein solcher Schluss sicher unrichtig, da das Verschwinden der

Doppelbrechung daher rührt, dass die Micelle beim Aufquellen verschoben werden und ihre Orientirung verlieren. Alle diese Umstände zeigen, dass künstlich aufquellende Stärkekörner kein günstiges Beweisobject sind.

Da die Spannungen in den Stärkekörnern zwischen den Schichten bestehen, so werden dieselben in losgetrennten Stücken um so eher verschwinden, je weniger Schichten mit einander zusammenhängen. Desswegen habe ich dünne Abschnitte von grossen Körnern zur Beobachtung verwendet, weil dieselben, je dünner und flacher sie sind, um so eher durch Wassereinlagerung ihre Gestalt verändern können, bis die Spannungen verschwunden sind. Betrachtet man solche Abschnitte unter dem Polarisationsmikroskop genau von der Fläche, so kommen übrigens die Spannungen, auch wenn sie noch vorhanden wären, bei der wahrgenommenen Doppelbrechung gar nicht zur Geltung.

Nachdem der exact geschulte Leser eine Reihe von Ueberraschungen im Verlaufe der Schimper'schen Ausführungen erfahren hat, steht ihm noch die grösste in dem Endergebniss betreffend die Natur der Stärkekörner bevor. Dieselben sollen krystallinische Körper (Sphaerokrystalle) sein, aus radialgestellten Krystallfasern oder faserigen Krystallen, wie sie auch genannt werden, zusammengesetzt, welche als Krystalloide zu betrachten seien.

Dieses Endergebniss tritt mit der ganzen vorausgegangenen Theorie des mechanischen Wachsthums in Widerspruch. Der Verfasser gieng von „Molekülen" (Micellen) aus, die sich als continuirliche Schicht auflagern, Wasser zwischen sich eintreten lassen, dadurch einen Zug auf die innere Masse ausüben und in Folge dessen gewisse Partieen derselben zur Verschleimung veranlassen; von diesen „Molekülen" nimmt er auch am Schlusse noch an, dass sie möglicher Weise radial verlängert seien, und dass dadurch

solcher Gruppen würde ein
Theorie verlangen.

Der Verfasser betrachtete
Theil seines Aufsatzes die Mi
mischten Bestandtheile der Stär
Weise, wie ich es in meiner
suchen gethan hatte. Schliess
ganze mechanische Deduction,
eigentlich Krystalloidfasern als
der Stärkekörner annimmt. De
dass der Ausdruck „die Stärke
recht zu den Schichten verhal
ein Spiel mit Worten, eine unk
ich muss mir doch denken, d
Verfasser reale Dinge sind. T
man allenfalls mit ausreichen
trennen könnte, dass nach sein
den Fasern eine grössere Cohäs
einander, dass die Micelle („Mo
andere Anordnung besitzen als
Faser zur andern, dass in inn
den Fasern mehr Wasser einge
Micellen („Molekülen“) der mi

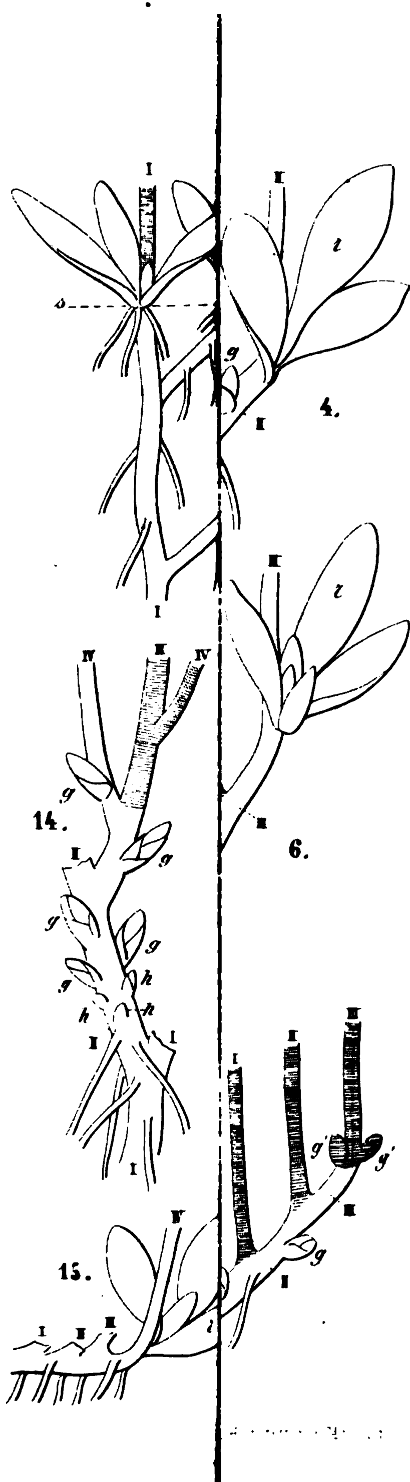
Sind die Krystalloidfasern“

nächsten, und nicht von „Molekülen“ als den ferneren Bestandtheilen ausgehen sollen. Denn alle Mechanik eines zusammengesetzten Körpers beruht auf den Theilen, die ihn zunächst zusammensetzen, beispielsweise die Mechanik eines Holzbaues auf den Balken (nicht auf den Zellen oder Fasern derselben), die Mechanik eines Zellgewebkörpers auf den Zellen (nicht auf den Micellen oder Molekülen), die Mechanik der Krystalloide auf den Micellen, die Mechanik der Krystalle und der Micelle auf den Molekülen oder Pleonen (Molekülcomplexen).

Die Theorie des Wachsthums der Stärkekörner hätte also die doppelte Aufgabe gehabt, einmal die Entstehung der einzelnen „Krystallfasern“ aus den Micellen („Molekülen“) und ferner die Entstehung der ganzen Körner aus den zusammentretenden „Krystallfasern“ zu entwickeln, und namentlich bezüglich der Mechanik zu zeigen, wie aus der Vereinigung der Fasern mit Nothwendigkeit die in Wirklichkeit vorhandenen und die inneren Umwandlungen bedingenden Spannungen hervorgehen. Von Allem dem ist aber keine Rede; die Schlusstheorie wird weder mit der Anfangstheorie in Beziehung gebracht, noch wird sie begründet und ausgeführt. Wir erfahren nicht einmal, welche Form die angeblichen Fasern besitzen, und welche Länge ihnen im Verhältniss zu der Dicke der dichten und weichen Schichten zukommen soll. Aufklärungen über beide Punkte waren aber nächst liegende Erfordernisse ersten Ranges, um nur eine oberflächliche Vorstellung von der Rolle zu geben, welche die „Krystallfasern“ beim Aufbau des Stärkekorns spielen könnten. Die Wichtigkeit der Länge und Anordnung der Fasern für die Bildung einer weichen Schicht in der Mitte einer dichten ist in die Augen springend; und was die Form betrifft, so ständen zwei Möglichkeiten offen. Entweder hätten die „Krystallfasern“ die gewöhnliche lineare Gestalt; dann liesse sich daraus leicht

negative, unmöglich aber die gegebene positive Spannung je der äusseren Micellarschichten ableiten; — oder sie besässen die ungewöhnliche Form von Pyramiden; dann müsste gezeigt werden, wie und warum diese Pyramiden nach aussen, d. h. nach ihrer Basis hin stets von Neuem sich zerfasern.

Das Endergebniss, welches den Bau des Stärkekorns definirt, passt so wenig zu den früheren Ausführungen und tritt so unmotivirt auf, dass es sich nicht wie ein Ergebniss sondern wie eine neue und unausgeführte These ausnimmt, und zwar nicht wie eine These des Verfassers, sondern eher wie die These eines Gegners, die derselbe dem Verfasser entgegengesetzt. Die Abhandlung schliesst mit einer Dissonanz, die kaum greller sein könnte, und wie sie am wenigsten in der Musik erlaubt ist, welche man exacte Forschung nennt.



4.
6.
14.
15.





DATE DUE			

